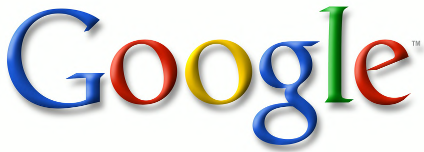


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

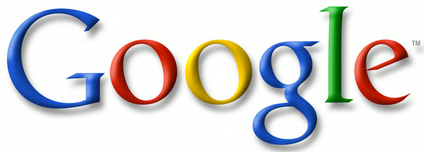
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

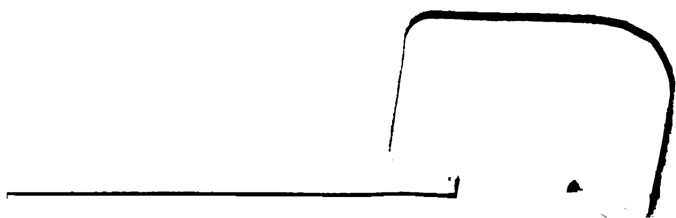
Über Google Buchsuche

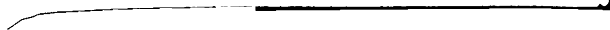
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Library
of the
University of Wisconsin









LEITFADEN

DES

EISENBETONBAUES

FÜR

BAUGEWERK- UND TIEFBAUSCHULEN

SOWIE ZUM GEBRAUCH

FÜR DEN PRAKTISCHEN TECHNIKER UND BAUGEWERKSMEISTER

VON

BAUMEISTER **R. WEDER**
INGENIEUR UND BAUGEWERKSCHULLEHRER

MIT 213 TEXTABBILDUNGEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1906

Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung, werden vorbehalten.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

G 1 3 4419

97987
JUL 12 1906
SDKC
.W41

Vorwort.

Die außerordentlich rasche Verbreitung, die der Eisenbetonbau innerhalb der letzten Jahre auf fast allen Gebieten des Bauwesens erfahren hat, und die bedeutenden Vorteile, die durch eine zweckmäßige Anwendung dieser Bauweise bedingt sind, lassen mehr und mehr das Bedürfnis erkennen, daß auch der Techniker und Baugewerksmeister mit dem Wesen derselben, ihren Konstruktionsregeln und Berechnungsarten vertraut werden muß. Denn gerade dieser hat in den meisten Fällen die Aufgabe, die praktische, sachgemäße Ausführung der einzelnen Bauten zu überwachen, ja er wird gegenwärtig schon vielfach zum selbständigen Entwerfen und Berechnen von einfachen Eisenbetonkonstruktionen herangezogen. Trotzdem wurde bisher diesem Bedürfnisse nur in geringem Maße Rechnung getragen. Nur einzelne Baugewerkschulen haben den Eisenbetonbau in ihren Lehrplan aufgenommen und auch die Fachliteratur bietet gerade auf diesem Gebiet kaum ein Werk, das besonders dazu geeignet ist, dem praktischen Techniker und dem Baugewerkschüler als Lehrbuch zu dienen. Der Grund hierfür liegt ohne Zweifel darin, daß die Anschauungen über die Konstruktions- und Berechnungsweisen des Eisenbetons bisher noch wenig geklärt waren und zum Teil noch sind.

Wenn in dem vorliegenden Werke trotzdem versucht wird, dem Techniker in leicht faßlicher Weise die Eigenschaften und Konstruktionsregeln des Eisenbetonbaues klar zu machen und ihm die Grundsätze für Anordnung und Verteilung der Einlagen sowie eine sachgemäße und einfache Berechnungsart zu geben, so war hierzu in erster Linie der Umstand maßgebend, daß der Verfasser als Lehrer und Praktiker der Ansicht ist, daß jeder in der Praxis stehende Techniker, der es mit seinem Beruf wirklich ernst nimmt, wenigstens das notwendigste von dieser, oft mit großen Vorteilen anzuwendenden, Bauweise wissen muß.

Dem Zweck des Buches entsprechend mußte naturgemäß davon Abstand genommen werden, das Wesen und die Eigenarten des Eisenbetons an Hand von weitgehenden theoretischen Erwägungen und Versuchsergebnissen zu erläutern. Es ist deshalb versucht worden, den Stoff lediglich nach praktischen Gesichtspunkten und allgemein anerkannten und bewährten Grundsätzen zu behandeln.

Nachdem der Begriff und die Wirkungsweise des Eisenbetons im Kapitel A nach Möglichkeit klar gelegt ist, werden im Abschnitt B die verschiedenartigen Ausführungsweisen der einzelnen Bauteile eingehend besprochen und unter C die Konstruktionseinzelheiten der Bauweise an, zum größten Teil ausgeführten, Beispielen leicht verständlich veranschaulicht. In einem weiteren Abschnitt ist die Berechnung der Eisenbetonkonstruktionen in möglichst einfacher Weise durchgeführt und an zahlreichen, praktischen Beispielen erläutert. Hier sind unter Verwendung der von Regierungsbaumeister Koenen, Prof. Mörsch, Prof. Ramisch u. a. entwickelten Theorien Berechnungsweisen zusammengestellt, die sich besonders für den praktischen täglichen Gebrauch eignen und den mathematischen Kenntnissen des Mittelschultechnikers Rechnung tragen. Außerdem sind hier die nach den Bestimmungen des Königl. Preußischen Ministeriums einzuführenden zulässigen Spannungen und Belastungsannahmen etc. angegeben.

Endlich wird in einem besonderen Kapitel das zur Verwendung gelangende Material bezüglich seiner Eigenschaften und Zusammensetzung besprochen und die Arbeits-Ausführung auf der Baustelle mit Berücksichtigung der bisherigen praktischen Erfahrungen erläutert.

Bischofswerda, im Dezember 1905.

R. Weder.

Inhaltsverzeichnis.

D. Berechnung der Eisenbetonkonstruktionen.

E. Ausführung der Eisenbetonkonstruktionen.

a) Das Material.

b) Die Ausführung.

Literaturverzeichnis.

Werke:

Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.
Christophe, Der Eisenbeton.
Deutsche Portlandzement- und Beton-Industrie.
Handbuch der Ingenieurwissenschaften. II. Teil: Der Brückenbau.
Koenen, Grundzüge für die statische Berechnung der Beton- und Eisenbetonbauten.
Mörsch (Wayß & Freytag, A.-G.), Der Betoneisenbau. I. und II. Auflage.
Bestimmungen für Ausführung von Eisenbetonkonstruktionen im Hochbau.

Fachzeitschriften:

Beton und Eisen.
Zement und Beton.
Deutsche Bauzeitung.
Der Wasser- und Wegebau.

A. Allgemeines.

1. Wirkungsweise und Begriffsbestimmung.

Mit Eisenbeton bezeichnet man diejenigen Bauweisen und Konstruktionen, die aus Portlandzement-Beton bezw. Zementmörtel in Verbindung mit Eisen hergestellt werden. Die Verbindung beider Materialien muß dabei derart sein, daß sie als innig zusammenhängende Stoffe gegen alle äußeren Beanspruchungen zu gemeinsamer statischer Wirkung gelangen. Für die konstruktive Anordnung gilt hierbei als Grundsatz, daß das Eisen im wesentlichen die Zugspannungen, der Beton dagegen die Druckspannungen aufzunehmen hat. Hierdurch wird es möglich, die Festigkeitseigenschaften beider Stoffe wirklich rationell auszunützen und Bauwerke herzustellen, die alle Vorzüge des Massivbaues mit der leichten Erscheinung der Eisenkonstruktionen vereinen.

Die Vorteile dieser Konstruktionsweise bestehen demnach hauptsächlich in der absoluten Feuersicherheit und den äußerst geringen Unterhaltungskosten, sowie in dem Umstand, daß sich die verschiedenartigsten Formen der einzelnen Konstruktionsteile leicht herstellen lassen und außerdem nur geringe Abmessungen erfordern.

Diese Vorzüge sind durch die grundlegenden Eigenschaften des Betons und Eisens bezüglich ihrer Verbindung bedingt, denn „der Beton schützt das von ihm umhüllte Eisen am vollkommensten gegen Rostbildung“. Hierbei ist allerdings Voraussetzung, daß der Beton mindestens im Mischungsverhältnis 1 : 3 bis 1 : 4 hergestellt und in plastischem Zustande eingebracht wird, da nur dann die notwendige innige Umhüllung stattfindet. Weiter ist die Adhäsion des Zement-Betons am Eisen eine sehr bedeutende und endlich sind die Temperaturausdehnungskoeffizienten des Eisens und Betons nahezu gleich groß. Sie betragen nach den Versuchen von Bouniceau für 1^0 C 0,00001235 für Eisen und 0,00001370 für Portlandzement-Beton.

Außerdem haben weitgehende Versuche Considères ergeben, daß der Portlandzement-Beton als Umhüllung von Eiseneinlagen imstande ist, bei Zugbeanspruchungen größere Dehnungen auszuhalten, als ohne Einlagen. Diese Versuche führten seinerzeit sogar zu der Vermutung, daß der Beton als Eisenumhüllung Dehnungen ausführen könnte, die eine vollständige Ausnützung der Zugfestigkeit des Eisens bis zur Elastizitätsgrenze zuließen. Nach den neuesten Forschungen von Reg.-Bauf. Kleinvogel u. a. erscheint diese Annahme jedoch nicht ganz zutreffend[1]) und bedarf noch weiterer Beweise. Doch selbst, wenn sich diese Annahme nicht bestätigen sollte, sind die Vorteile des Eisenbetons noch ganz bedeutende.

---

[1]) Reg.-Bauf. Kleinvogel, Untersuchungen über die Dehnungsfähigkeit nichtarmierten und armierten Betons.

Die Erkenntnis dieser grundlegenden Eigenschaften im Verein mit einer rationellen Berechnungsart, die, wenn auch nicht ganz einwandfrei, doch alle in Betracht kommenden Faktoren berücksichtigt, sind die Ursache, daß die Anwendungsgebiete dieser Bauweise mehr und mehr an Umfang gewinnen und zur Zeit im gesamten Hoch- und Tiefbau eine wesentliche Rolle spielen.

2. Entwickelung der Eisenbetonbauweise.

Trotzdem die Vorzüge des reinen Zementbetons bei Fachleuten schon Jahrhunderte lang allgemein bekannt waren, kam man zur Anwendung der eigentlichen Eisenbeton-Bauweise erst in neuester Zeit. Als Erfinder derselben wird allgemein ein Pariser Gärtner, Joseph Monier, bezeichnet. Dieser fertigte zuerst Blumenkübel aus Beton, welche der größeren Festigkeit halber mit einer Eiseneinlage versehen wurden. Doch schon früher hatte man vielfach versucht, dünne und doch feste und feuersichere Wände durch Anordnung von Eiseneinlagen herzustellen. So empfahl Coignet schon 1861 bei Ausführung von Gewölben, Röhren etc. die Anwendung von Eisenarmierung. Immerhin ist Monier als derjenige zu bezeichnen, durch den diese neue Bauweise im großen Umfange angewandt wurde. Nachdem er 1867 das erste französische Patent für seine Konstruktionsweise erhielt, war er eifrig bestrebt, dieselben auch auf die verschiedensten Ausführungsarten auszudehnen, so folgten denn diesem ersten sehr bald noch eine Reihe weiterer Patente für die Herstellung von Decken, Behältern, geraden und gebogenen Balken in Verbindung mit Decken etc.

Naturgemäß waren diese ersten Ausführungsweisen nicht alle einwandfrei und rationell genug. Es galt deshalb die einzelnen wirklich zweckmäßigen auszuwählen und diese entsprechend zu vervollkommnen. In dieser Richtung gebührt Deutschland unzweifelhaft das größte Verdienst. Hier wurden bereits 1884 die ersten Patente Moniers durch die Firmen Freytag und Heidschuch in Neustadt und Martenstein und Josseaux in Offenbach a. M. angekauft und weiter ausgearbeitet. Außer den genannten erwarb auch Ingenieur G. A. Wayss in Frankfurt a. M. das Ausführungsrecht und war es besonders der letztere, der, unterstützt durch Professor Bauschinger in München, auf Grund eingehender Untersuchungen die Monier-Patente so ausgestaltete, daß dieselben vom Jahre 1887 an wirklich sachgemäß und rationell angewandt werden konnten. Diese Untersuchungen ergaben unter anderen zum erstenmale einwandfrei, daß die Eiseneinlagen immer dort anzuordnen sind, wo Zugspannungen auftreten und daß die beiden Elemente, Beton und Eisen, infolge ihrer außerordentlichen Adhäsion statisch zusammenwirken müssen. In einer besonderen Broschüre wies Ingenieur Wayss an verschiedenen Beispielen die Zweckmäßigkeit der neuen Bauweise nach und Regierungsbaumeister Koenen-Berlin stellte auf Grund jener Versuche Berechnungsmethoden für Eisenbetonkonstruktionen auf, welche die erste theoretische Grundlage für deren Dimensionierung darstellen.

Auch in anderen Ländern, wie Österreich, England und den Vereinigten Staaten fand die Verwendung von Eisenbeton sehr bald Eingang, ja er wurde hier teilweise schon seit geraumer Zeit zur Erhöhung der Feuersicherheit hergestellt, ohne daß die Konstrukteure sich besonders mit den günstigen Eigenschaften desselben befaßt hatten. Nachdem man jedoch den hohen Wert derselben erkannt hat, findet die Eisenbetonbauweise auch hier weitgehendste Anwendung. So ist es besonders Österreich-Ungarn, das in den Firmen Wayß & Co., Wien und A. Maseau, Budapest, von Anfang an bedeutende Vertreter der Bauweise besitzt.

Die günstigen Erfolge der Monierbauweise wurden sehr bald Anregung für eine große Zahl Erfinder, die durch kleinere oder größere Änderungen bezüglich der Einlagen neue Systeme zum Patent anmeldeten.

Auf diese Weise entstanden im Laufe der Zeit mehr denn 200 verschiedene Bauweisen, die sich in ihren Grundzügen und Verwendungsarten meist nur wenig von dem Moniersystem unterscheiden. Trotzdem sollen einzelne im Kapitel C besonders angeführt werden, da hierdurch sicher ein besseres Verständnis für die verschiedenen Möglichkeiten erreicht wird.

3. Konstruktionsgrundsätze.

Wie bereits im vorigen Abschnitt erwähnt, ging die Entwickelung der Eisenbetonbauweise direkt Hand in Hand mit der Vervollkommnung der Theorie, denn erst nachdem man das Wesen und die Bedeutung der Eiseneinlagen erkannt hatte, war es möglich, die erforderliche Menge derselben rechnerisch zu ermitteln und auf ein Mindestmaß zu beschränken. Hierdurch aber war ein wesentlicher Grundsatz, „die ökonomische Verwendung des Eisens klar gestellt".

Wie ferner bekannt, erzeugen alle auf einen Konstruktionsteil wirkenden Kräfte Spannungen, die Formveränderung zur Folge haben. Die Spannungen selbst lassen sich hierbei immer auf eine der drei elastischen Kräftearten, Druck, Zug oder Abscherung zurückführen. Das Eisen widersteht nach den Regeln der Festigkeit dem Zug ebensogut wie dem Druck, während es gegen Abscherung eine etwas geringere Festigkeit besitzt. Der Zementbeton hingegen kann wohl ziemliche Druckspannungen aufnehmen, Zug und Schubspannungen aber nur in geringem Maße. Hieraus ergibt sich als zweiter Grundsatz, daß der Widerstand des Betons überall dort durch eine Eiseneinlage verstärkt werden muß, wo er auf Zug oder Schub beansprucht wird. Dabei ist jedoch zu beachten, daß auch Beton einen bestimmten Teil der Zug- oder Schubspannungen aufnehmen kann. Man wird also in Fällen, wo diese Spannungen nur sehr gering bleiben, keine besonderen Einlagen vorsehen.

Bei der Ausführung selbst bringt man den Beton in plastischem Zustande an die Verwendungsstelle und stampft ihn hier in Formen, die Schalungen bezw. Lehrgerüste genannt werden. Diese Formen umschließen den Betonkörper, bis er sich selbst tragen kann. Die Anordnung der Eiseneinlage soll dabei derart sein, daß das Einstampfen mit Leichtigket bewirkt werden kann. Die Einlagen selbst können entweder einzeln in den Beton eingebettet und umstampft werden, oder sie können als fest zusammenhängender Bauteil für sich allein aufgebracht und eingestampft werden. Einzelheiten hierüber siehe unter E Arbeitsausführung.

B. Herstellung der einzelnen Konstruktionsteile.

4. Platten.

Bei einer frei aufliegenden Platte entstehen durch Belastung bekanntlich in den oberen Schichten Druck — in den unteren Schichten dagegen Zugspannungen. Da nun die Zugfestigkeit des Betons wesentlich geringer ist als dessen Druckfestigkeit, so würde

ein Bruch zuerst an der unteren Seite der Platte entstehen und es ist Zweck der Eiseneinlage, dieses zu verhindern. Die Eisenstäbe werden demzufolge in der Richtung der Hauptspannungen und möglichst nahe an die Unterseite der Platte zu legen sein. Es ist jedoch darauf zu achten, daß sie noch genügend mit Beton umhüllt sind. Für dünne Drähte sind für diese Umhüllung 5 mm als Mindestmaß anzunehmen, während stärkere nicht unter 10 mm erhalten sollen. Beim Moniersystem werden außer diesen die Zugspannungen aufnehmenden sogenannten „Tragstäben" senkrecht dazu noch sogenannte „Verteilungsstäbe" angeordnet, die den Zweck haben, die Tragstäbe während der Herstellung in der richtigen Lage zu erhalten. Die Kreuzungsstellen werden hierbei mit Bindedraht verbunden. Abb. 1.

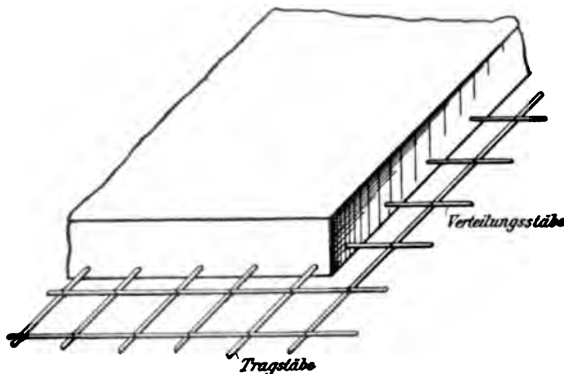


Abb. 1. Die Monierplatte.

Die Entfernung und Stärke der Tragstäbe ergibt sich durch Rechnung, während man für die Verteilungsstäbe Rundeisen von 5—7 mm Durchmesser wählt und diese in Abständen von 10—30 cm anordnet.

Anstatt dieser einfachsten Art der Armierung verwenden die verschiedenen Konstrukteure hiervon mehr oder weniger abweichende Einlagen. So legen einige die Stäbe nicht parallel, sondern unter einem bestimmten Winkel zur Hauptspannung. Hierbei müssen die Trag- und Verteilungsstäbe von gleicher Stärke sein (System Schlüter). Andere behalten die parallele

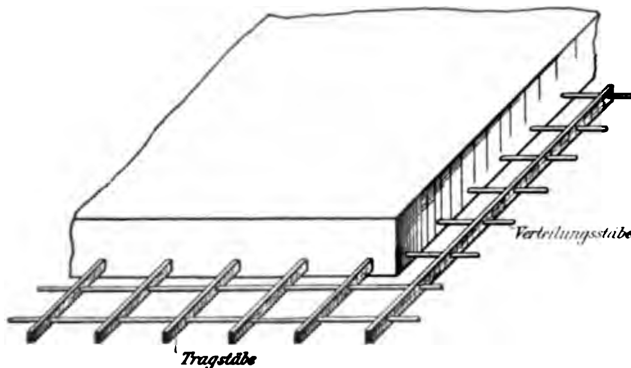
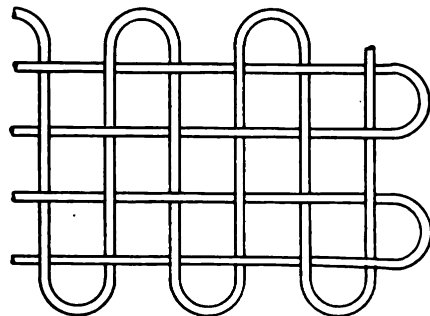


Abb. 2. System Hyatt.


Abb. 3 und 4. System Cottancin.

Richtung bei und verändern nur die Querschnittsform der Einlage. So verwendet Hyatt als Tragstäbe hochkant gestellte Flacheisen (Abb. 2), die in Bohrlöchern die Verteilungsstäbe (Rundeisen) aufnehmen.

Für sehr schwache Platten wählt man wohl auch das System Cottancin, bei dem schwache Drähte (5 mm und weniger), Abb. 3 und 4, als Gewebe verflochten werden.

Die Rabitzbauweise, die sich auch für schwache Wände besonders eignet, wird durch Verwendung gewöhnlicher, galvanisierter Drahtgittergewebe, wie sie im Handel vorkommen, gekennzeichnet.

Eine besondere Art von Platten wird neuerdings nach einem Verfahren von Siegwart ausgeführt. Hierbei wird die Eisenbetondecke vorher in einzelnen Streifen oder Balken fabrikmäßig hergestellt, indem hohle Betonbalken, in deren Seitenwandungen zur Aufnahme der Zugspannungen Rundeisen bezw. Drähte einbetoniert sind, in Formen gestampft werden, Abb. 5 und 6. Die fertigen ausgetrockneten Teile kommen sodann

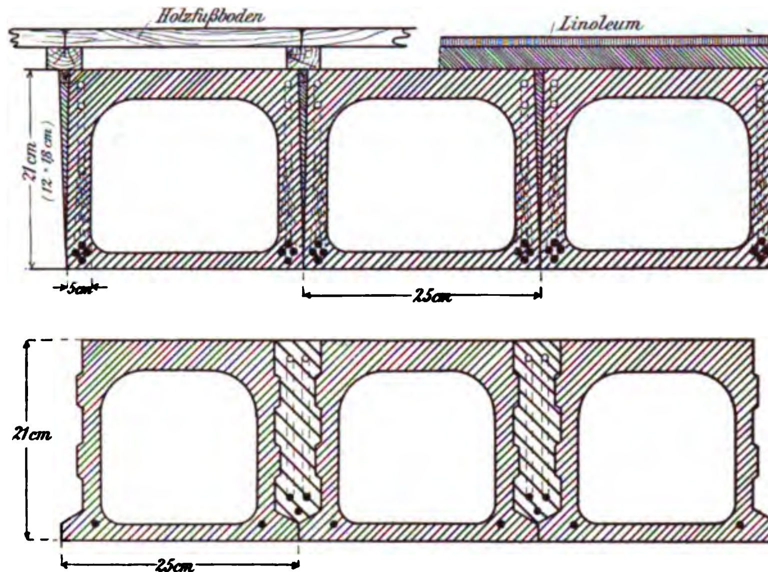


Abb. 5 und 6. Siegwartbalken.

auf die Baustelle und werden hier ohne Verschalung auf die Mauern bezw. Träger dicht nebeneinander verlegt und die Längsfugen mit Zement vergossen.

Die einzelnen Balken werden 25 cm breit und in vier verschiedenen Stärken 12, 15, 18 und 21 cm hergestellt. Die Stärke der Eiseneinlagen schwankt zwischen 5 und 10 mm. Die Länge der Balken beträgt 5,5, 6,5 und 7,5 m, doch können auch größere Spannweiten durch kurze Balken überdeckt werden, indem hierbei die Stoßfugen wechselseitig angeordnet und besondere Drahtanker eingelegt werden.

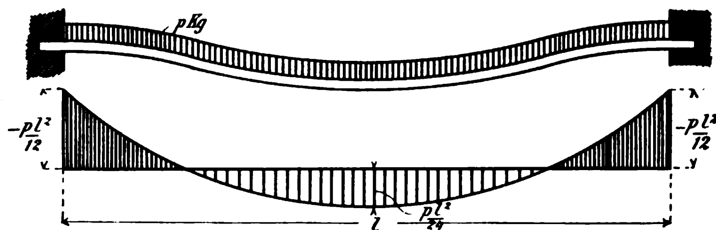


Abb. 7 und 8.

Vielfach liegen die Platten nicht, wie bisher angenommen, frei auf, sondern sie erhalten an den Auflagern eine Einspannung, indem sie entweder kontinuierlich über eiserne Träger oder Betonbalken hinweggeführt werden oder indem die Einspannung durch besondere Anordnungen an den Umfassungsmauern geschaffen wird. In solchen Fällen tritt bekanntlich eine Verringerung des Biegungsmomentes in der Mitte auf und es entsteht über den Stützen ein negatives Moment. Das erstere ergibt sich mit Berücksichtigung der Durchbiegungsgleichungen zu $\frac{pl^2}{24}$, dasjenige über den Stützen dagegen zu $\frac{pl^2}{12}$, wenn p die Belastung in kg/lfdcm und l die Spannweite in cm bedeutet Abb. 7 und 8.

Dieses negative Stützmoment zeigt, daß die Zugspannungen im oberen Teile der Platte auftreten und die Eiseneinlagen demzufolge hier nahe der Oberkante anzuordnen sind. Dieser Bedingung tragen die einzelnen Systeme auf verschiedene Weise Rechnung.

Die Koenensche Voutenplatte (Abb. 9 und 10) zeigt die Eisenstäbe mit den Auflagern zugfest verbunden. Durch die Krümmung der Einlagen wird es möglich, dieselben immer an der Zugseite der Platte zu halten. Außerdem ist hier durch die

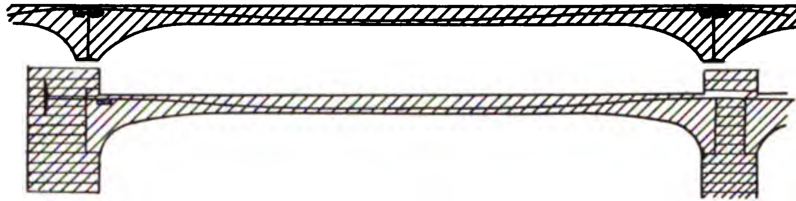


Abb. 9 und 10. Die Koenensche Voutenplatte.

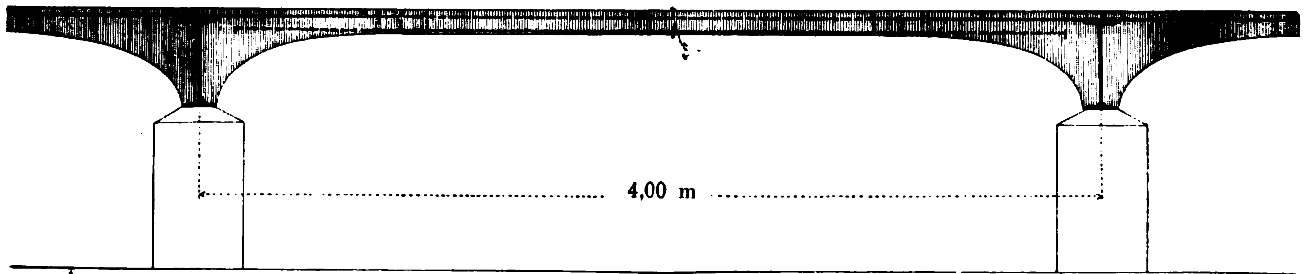
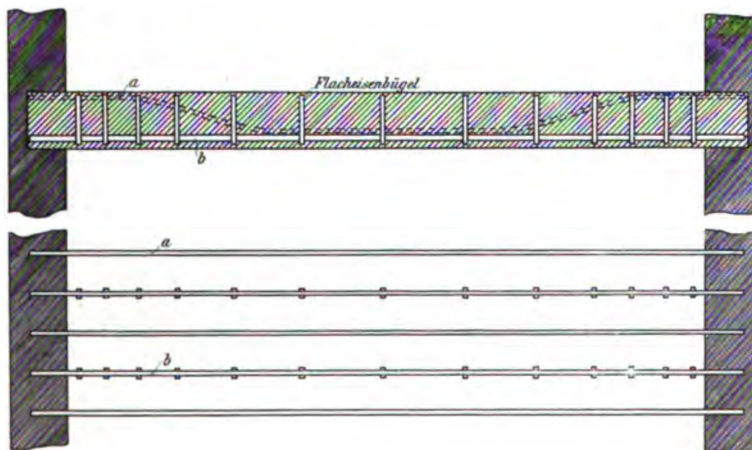


Abb. 11. Die Wollsche Konsoldecke.



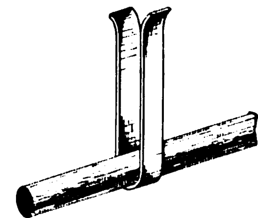


Abb. 12b.

Abb. 12, 12a und 12b. System Hennebique.

voutenartige Verstärkung der Platte an den Endstrecken das größere Biegungsmoment über den Stützen berücksichtigt. Dieselbe Anordnung zeigt das System Klett, nur werden hier an Stelle der Rundeisen Flacheisen mit aufgenieteten Winkelstückchen verwendet.

Nach ähnlichen Gesichtspunkten geschieht die Ausführung der Wollschen Konsoldecke, Abb. 11. Doch ist hier auch die Anordnung der Einlage eine etwas abweichende. Beim System Hennebique (Abb. 12 und 12a) verwendet man in solchen Fällen zwei Lagen von Eisenstäben. Die eine (b) ist hierbei gerade und liegt im unteren

Teil der Platte, während eine zweite Lage (a) abgebogen wird und über den Stützen im oberen Teile liegt. Außerdem werden zur bessern Verbindung des Betons mit den Einlagen und zur Aufnahme von Schubspannungen noch Flacheisenbügel (Abb. 12b) angeordnet. Obwohl dieses System im Vergleich zum vorigen unökonomisch erscheint, ist es unter gewissen Umständen doch vorzuziehen, so unter andern bei beweglichen Verkehrslasten und ungleichen Feldweiten.

Die Waybsche Eisengelenkdecke, die denselben Zweck, wie die Koenensche Voutenplatte verfolgt, wird durch Flacheisen armiert, die dort, wo das Biegungsmoment sehr klein (o) ist, durch Gelenke verbunden werden. Hierdurch wird es möglich, die Eiseneinlagen entsprechend den größeren Stützenmomenten zu verstärken.

5. Plattenbalken.

Während bei den Monierplatten und ähnlichen Systemen vielfach noch eiserne Träger für die eigentlich tragenden Konstruktionen Verwendung finden, werden bei anderen Systemen auch diese, also Säulen, Unterzüge und Träger etc. in Eisenbeton hergestellt.

Der Plattenbalken entsteht, indem man die Deckenplatte mit dem, dieselbe unterstützenden Betoneisenträger innig verbindet. Hierdurch wird ein statisch wirksames

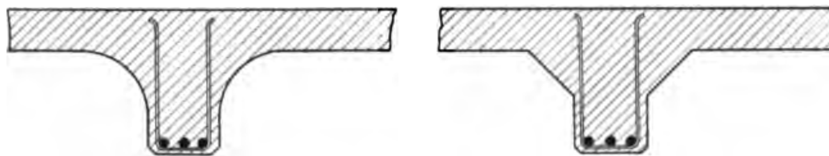


Abb. 13 und 14.

T-Profil geschaffen, bei dem die rationelle Materialausnützung eine noch größere Rolle spielt als beim armierten, rechteckigen Querschnitt.

Zwar könnte man auch hierbei den rechteckigen Querschnitt des Balkens so bemessen, daß er allein tragfähig wäre, doch kann man für die Aufnahme der Druckspannungen durch Mitbenutzung der aufliegenden Platte einen bedeutenden Vorteil erreichen.

Um die Verbindung zwischen Platte und Balken wirksam zu gestalten, müssen die daselbst auftretenden bedeutenden Schubspannungen, denen die Scherfestigkeit des Betons unter Umständen nicht genügt, durch vertikale oder unter einem bestimmten Winkel geneigte Eiseneinlagen, die sogenannten Bügel, aufgenommen werden. Außerdem wird man die Übergänge von Deckenplatte und Balken zur besseren Übertragung der Kräfte in der aus Abb. 13 und 14 ersichtlichen Weise verstärken, also gewissermaßen auch hier Vouten anwenden. Die Anordnung der Einlagen ist, wie bei den Platten, wiederum abhängig von der Art der Auflagerung der einzelnen Balken. Man unterscheidet demgemäß einfache, gerade Einlagen; einfache, gebogene Einlagen; doppelte Einlagen und gemischte Einlagen.

Die einfachen geraden Einlagen finden ihre Anwendung bei den sogenannten Rippenplatten, der einfachsten Art des Plattenbalkens. Hierbei werden die Tragstäbe der gewöhnlichen Platte durch die Einlage im unteren Teil der Rippe gebildet, Abb. 15, während die Verteilungsstäbe für sich allein die Einlage der Platte darstellen. Jede Rippe bildet also mit den anliegenden Plattenteilen einen Balken, bei dem die

Platte den oberen, auf Druck beanspruchten Teil und die Einlage in der Rippe den unteren, auf Zug beanspruchten Teil bildet. Vielfach wird hierbei die Platte in den Zwischenfeldern gewölbt, wie beispielsweise bei der Koenenschen Plandecke, Abb. 16 und 17. Diese, der Aktiengesellschaft für Beton und Monierbau in Berlin patentierte Decke ist eine mit Hohlräumen versehene Eisenbetonplatte, die unten meist mit einer durchgehenden ebenen Rohrdecke verbunden ist. Als besonderer Vorteil derselben ist es zu bezeichnen, daß sie jeder beliebigen Trägerhöhe angepaßt werden kann, einen hohen Grad von Schalldichtigkeit besitzt und sehr leicht und billig ist. Der Preis pro qm beträgt für Spannweiten bis zu 3,50 m nur 5,60 bis 5,80 M.

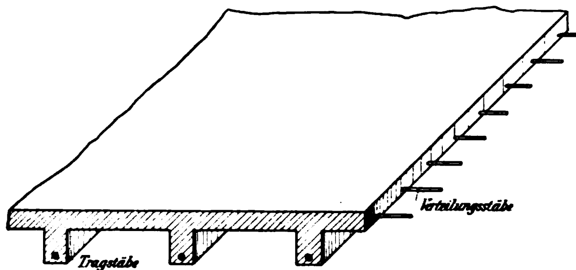


Abb. 15. Die Rippenplatte.

Die einfachen, gebogenen Einlagen finden ihre Anwendung u. a. bei dem von Prof. Möller erfundenen Plattenbalken, Abb. 18 und 19.

Hier besteht der Druckgurt aus einer Betonplatte, die in der Querrichtung meist mit einer aus I oder [-Eisen bestehenden Einlage versehen und nach den Auflagern hin voutenartig verstärkt ist. Die nach Art eines Fischbauchträgers durchhängende Zuggurtung besteht gewöhnlich aus Flacheisen, an deren Enden Winkeleisen aufgenietet sind. Letztere greifen als Verankerung in den Beton ein und übertragen die auftretenden Spannungen auf denselben. Die Stege (Rippen) bestehen ebenfalls aus

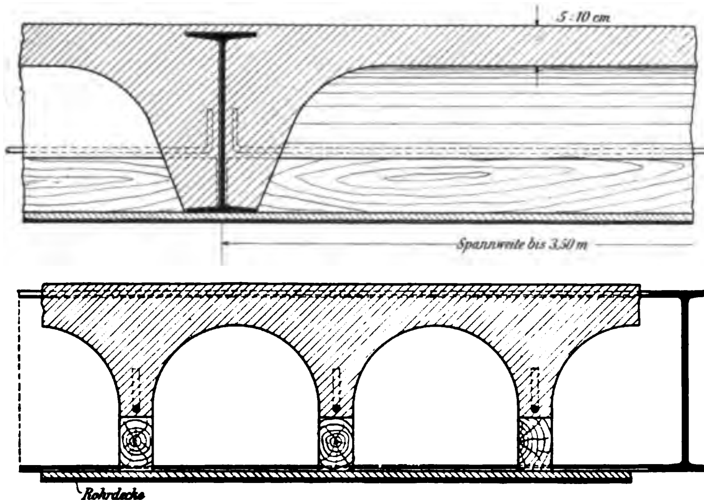
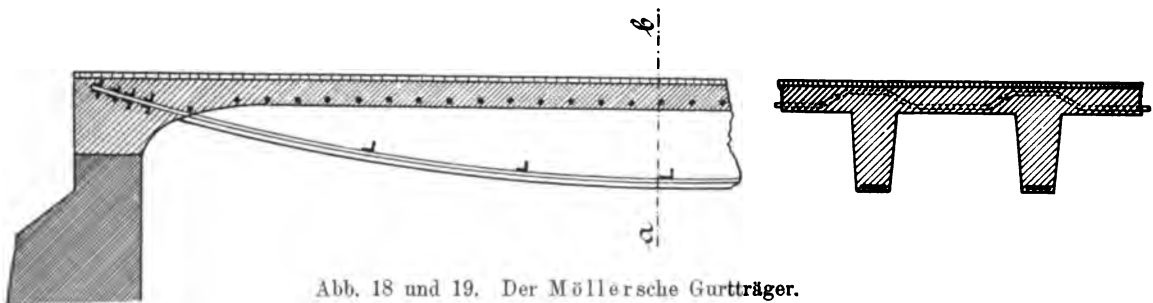


Abb. 16 und 17. Die Koenensche Plandecke.


Abb. 18 und 19. Der Möllersche Gurtträger.

Beton und zeigen eine fischbauchähnliche Form. Nach seinem Wesen ist der Möllersche Gurtträger demnach ein freiaufliegender, armierter Balken, der entsprechend der Abnahme des Biegungsmomentes nach den Auflagern hin schwächer wird.

D o p p e l t e E i n l a g e n erhalten wohl die meisten gebräuchlichen Ausführungsarten der Plattenbalken. Die einfachste Anwendung ergibt sich, indem man die im unteren Balkenteile eingelegten Stäbe, die aus Rund-Quadrat- oder Flacheisen hergestellt sein können, mit Hilfe beliebiger Verbindungsstege an einen oder mehreren den Tragstäben parallel laufenden Stäben im oberen Teil des Balkens verbindet. Die oberen Stäbe können hierbei entweder nur über eine bestimmte Länge von den Auflagern an oder aber über die ganze Spannweite reichen. Der Grund dieser Anordnung ergibt sich teils aus praktischen, teils aus theoretischen Überlegungen und wird verschiedentlich bestritten. Während nämlich einzelne beim eingespannten Balken eine obere Einlage nur für den Teil als notwendig erachten, in dem Zugspannungen auftreten, sind andere der Meinung, daß hiermit nicht genügende Sicherheit verbürgt sei und verwenden die Einlage für die ganze Spannweite. Da hierdurch auch die Widerstandsfähigkeit des mittleren Betonteiles, der die größten Druckspannungen aufzunehmen hat, vermehrt wird, empfiehlt sich die letztere Anordnung unter gewissen Umständen auch für frei aufliegende Balken.

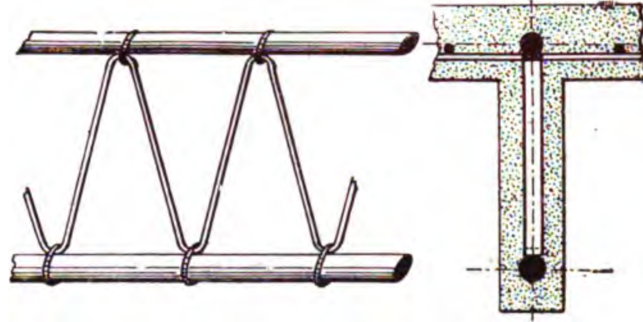


Abb. 20 und 21. Bauweise C o i g n e t s.

Bei einzelnen Systemen wird die durch Einlage erhöhte Druckfestigkeit im oberen Balkenteil nicht berücksichtigt, sie wird hier folglich nur kleinere Dimensionen annehmen.

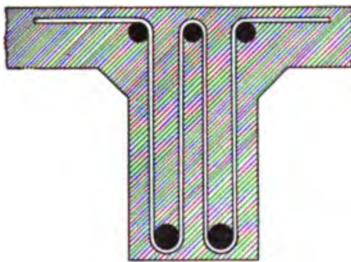


Abb. 22.



Abb. 23.

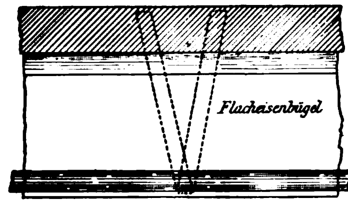


Abb. 24.

Andere hingegen legen dieser oberen Armierung größere Bedeutung bei und wählen die Stärke derselben nach bestimmten Gesichtspunkten.

So werden bei der B a u w e i s e C o i g n e t s zwei Rundeisen von gleichem Durchmesser gewählt, die ihrerseits mit Hilfe von Bandeisen gegenseitig in Verbindung gebracht werden, Abb. 20 und 21[1]). Diese Balken werden unabhängig von den Deckenplatten eingestampft und wie gewöhnliche Träger verlegt. Beim S y s t e m M a c i a c h i n i werden die Hauptstäbe in zwei Reihen übereinander angeordnet und durch Rund- oder Flacheisenstäbe verbunden, Abb. 22.

B o u s s i r o n führt in seiner Bauweise die oberen Einlagen nicht durch, sondern nur auf die Strecke der Zugspannungen. Auch er verwendet Rundeisen und ordnet zur Aufnahme der Schubspannungen Bügel aus Bandeisen, V-förmig an, Abb. 23 und 24.

[1]) C h r i s t o p h e, Der Eisenbeton.

Eine andere, von verschiedenen Konstrukteuren besonders empfohlene Art der doppelten Einlage unterscheidet sich von den bisherigen durch Verwendung von Profileisen. Die Vorteile dieser Systeme sind jedoch nicht einzusehen, denn die be-

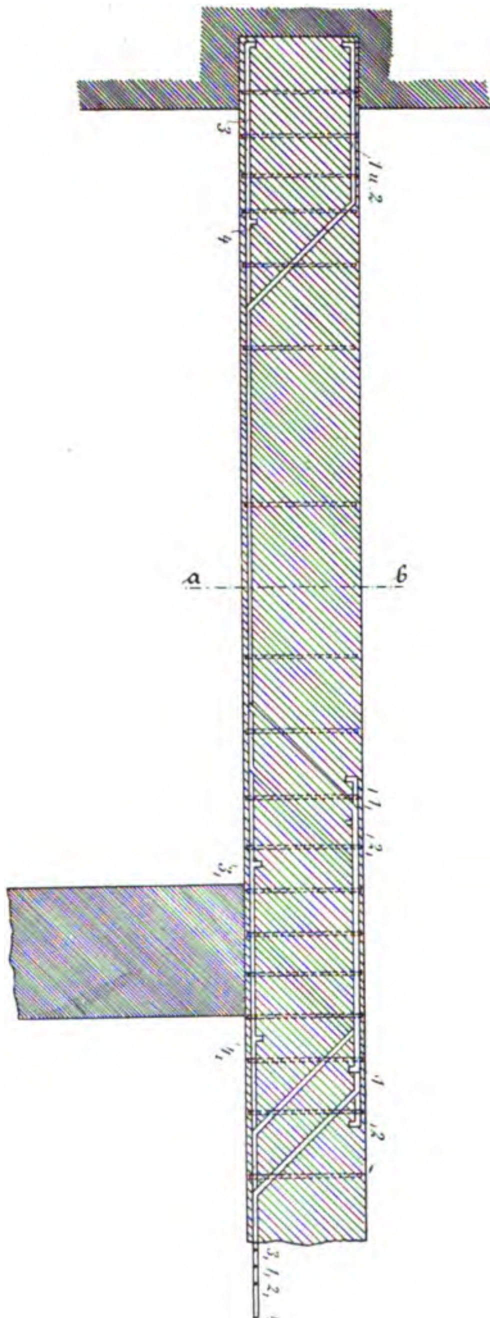


Abb. 26.

Abb. 26 und 26a. System Wayß.

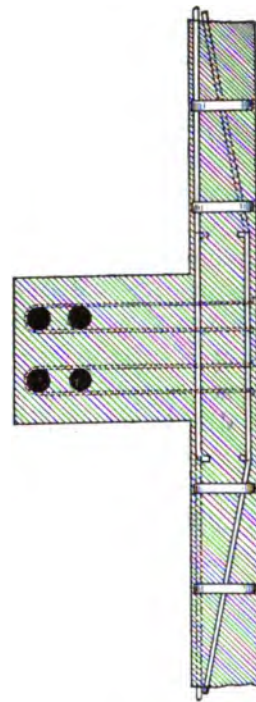


Abb. 25. System Hennebique.



Abb. 26a.
Schnitt a—b.

kannten Rechnungsverfahren lassen erkennen, daß die Form der Eiseneinlage keine Rolle spielt.

Eine dritte Art der doppelten Einlagen zeigt statt der geraden Stäbe im unteren Balkenteil gebogene Einlagen. Eine Abart dieser Anordnung ist der weiter oben beschriebene Möller-Träger. Die Flacheisen, welche dort die auf Zug beanspruchte

Einlage bilden, werden hier durch Drahtseile ersetzt, während die obere auf Druck beanspruchte Einlage durch gewalzte Träger gebildet wird. Diese Art der Armierung findet nur für Balken von großer Spannweite Anwendung.

Gemischte Einlagen werden unter andern beim System Hennebique und Wayß angewandt. Die Bauweise Hennebiques, Abb. 25, zeigt hier nahezu dieselben Eigenarten, wie sie schon bei den Platten besprochen wurden. Die Einlagen bestehen wiederum aus geraden und gebogenen Stäben, die jedoch nicht nebeneinander, sondern vertikal übereinander angeordnet sind und gemeinsam durch Bügel umfaßt werden.

Je nach der erforderlichen Widerstandsfähigkeit legt man mehr oder weniger solche Rundeisenpaare nebeneinander. Besonders zu beachten ist hierbei, daß die oben liegenden Eisen nicht zu weit von den unteren entfernt werden, da hierdurch die Wirksamkeit der Einlage infolge des geringeren Hebelarms vermindert wird. (Vergl. u. D Berechn.).

In ähnlicher Weise geschieht die Anordnung beim System Wayß, nur sind dabei im Gegensatz zum Hennebique-Verfahren die teils geraden, teils gebogenen Rundeisenstäbe nebeneinander gelegt. Hierdurch wird allerdings eine größere Balkenbreite bedingt, doch ist diese zur Aufnahme der Druckspannungen an den Stützen eingespannter Träger ohnehin notwendig. Ferner umfassen hier die Bügel meist sämtliche Eisen, so daß eine Verbindung der einzelnen untereinander geschaffen wird. Die Abbiegung der gebogenen Eisen geschieht ziemlich steil, etwa unter einem Winkel von 45°. Abb. 26 und 26a.

Durch Übergreifen der abgebogenen Eisen über die Mittelstützen hinaus wird der hier notwendige größere Eisenquerschnitt gewonnen. Eine Abart desselben Systems zeigt, wie schon bei den Platten besprochen, an der Abbiegung der einzelnen Stäbe, die hier durch Flacheisen gebildet werden, Gelenke. Auch hierbei soll durch Veränderung des Eisenquerschnittes dem größeren Stützenmomente Rechnung getragen werden.

6. Gewölbe.

Die Herstellung von Gewölben in Eisenbeton geschieht im wesentlichen nach denselben Regeln wie diejenige der eberen Platten. Die Einlage soll hier in erster Linie die Festigkeit des Betons überall dort unterstützen, wo aus der Biegung entstandene Zugspannungen auftreten. Außerdem soll dieselbe in einzelnen Fällen auch die Widerstandsfähigkeit des Betons gegen Druck erhöhen. In den Anfangsstadien des Eisenbetonbaues begnügte man sich, das Gewölbe nur durch eine Einlage dicht an der inneren Laibung zu armieren. Überlegt man aber, daß in einem Gewölbe zusammengesetzte Biegung auftritt und daß bei geringer Stärke eines Halbkreis- oder Stichbogengewölbes die Zugspannung nicht nur an der inneren Laibung, sondern auch am Gewölberücken in der sogen. Bruchfuge auftreten kann, so erscheint es notwendig, auch hier eine Einlage vorzusehen. Diese Bruchfuge liegt bei gewöhnlicher Belastung meist dicht über den Kämpfern, man wird deshalb die Einlage am Rücken gewöhnlich an den Kämpfern beginnen lassen und über einen Teil des Gewölbes hinführen, Abb. 27.

Bauweise Monier. Die Monier-Bauweise findet bei den Gewölben dieselbe Anwendung wie bei den Platten und zwar erhalten Gewölbe von geringer Spannweite für Decken und dergl. nur eine Einlage an der inneren Laibung. Für Brückengewölbe dagegen wendet man außer dieser noch eine teilweise Armierung im Rücken des Gewölbes an, die sich bei sehr veränderlicher Belastung meist über die ganze Rückenfläche

hinzieht. Die Tragstäbe werden gebogen und folgen dem Umriß der inneren bezw. äußeren Laibung. Die Verteilungsstäbe werden normal zu den ersteren angeordnet und mittelst Drahtschlingen mit denselben verbunden.

Beim System Melan erhalten die Tragstäbe einen größeren Querschnitt und werden durch Trägerprofile gebildet, die nach der vorhandenen Bogenform gekrümmt sind. Bei Deckengewölben und kleineren Konstruktionen bestehen diese Bögen aus



Abb. 27.

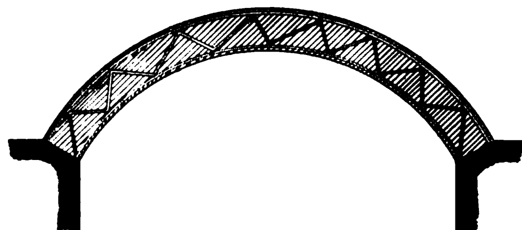


Abb. 28.

⊥-Eisen, oder I-Eisen, die vollständig mit Beton umschlossen werden und meist nur an den Kämpfern eine Querverbindung erhalten.

Bei größerer Bogenstärke werden die Einlagen aus Gitterträgern gebildet, Abb. 28, die in gewissen Abständen durch Querträger verbunden werden. Auch für Dreigelenk-Brücken wurde die Melan-Bauweise schon mehrfach mit Vorteil verwendet.

Die Gitterbogen sind bei Melan wie gewöhnliche Eisenbogen eingerichtet, doch

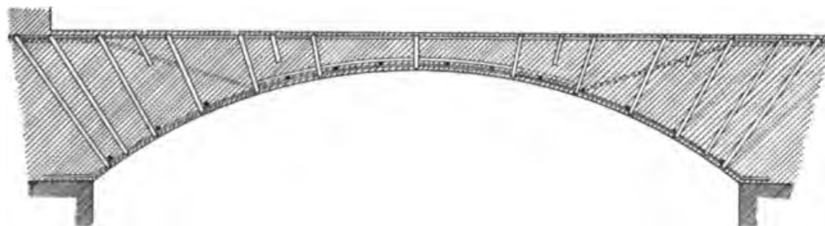


Abb. 29.

kann man, falls die eigene Widerstandsfähigkeit der Einlage nicht ausgenützt werden soll, die genieteten Kreuzungen durch einfachere Verbindungen ersetzen.

Hennebique benützt für Gewölbe nahezu dieselben Einlageweisen wie für Platten. Die Einlagen im Gewölberücken und der Laibung sind paarweise in denselben Vertikalebenen angeordnet, Abb. 29. Über jeden dieser Stäbe werden Bügel gebracht, die eine innigere Verbindung mit dem Beton herbeiführen sollen. Normal zu den als Tragstäbe wirkenden Rundeisen ordnet er noch Verteilungsstäbe an, die über den ersteren lagern und durch Drähte verbunden sind. Auf weitere Gewölbearmierungen und konstruktive Einzelheiten soll bei Besprechung ausgeführter Bauten zurückgekommen werden.

7. Röhren.

Eine besondere Art von Gewölben stellen die kreisbogen- und eiförmigen Rohre dar. Die Einlagen haben auch hier dieselben Bedingungen, wie bereits früher angegeben, zu erfüllen.

So wird beispielsweise für ein rundes Rohr, das durch gleichmäßig von außen wirkenden Druck beansprucht wird, zur Armierung eine Einlage genügen. Das in den

Beton zu bettende Netz besteht hierbei aus kreisförmigen Tragstäben und aus Verteilungsstäben, die den erzeugenden Linien des Zylinders parallel laufen und mit ersteren verbunden sind. Abb. 30. Die Tragstäbe, die man oft als fortlaufende Spiralen anordnet, werden innen angebracht, während die geraden Verteilungsstäbe nach außen zu liegen kommen. Beachtenswert ist, daß auch hier die Tragstäbe möglichst dicht an die innere Wand gebracht werden.

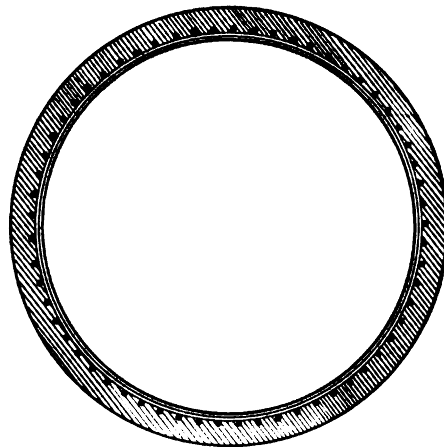


Abb. 30.

Bei Rohren nach dem Monier-System werden Rundeisen gewählt, die an den Kreuzungspunkten miteinander verbunden sind. Sehr schwache Rohre dieser Bauart armiert man auch durch ein aus schwachen Drähten hergestelltes Gewebe, in welches zur Verstärkung einzelne kräftige, spiralförmig gewundene Drähte eingelegt werden. Bei größerem Durchmesser wird die erforderliche Widerstandsfähigkeit durch Anordnung mehrerer Netze

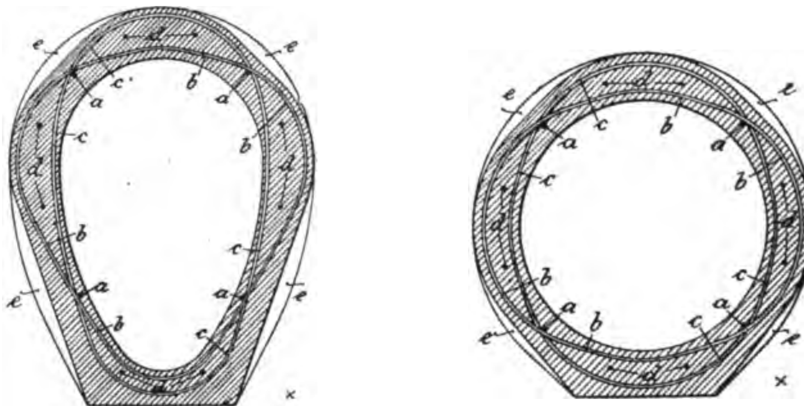


Abb. 31 und 32.

erreicht. In besonderen Fällen verwendet man außer dieser netzartigen Einlage noch I-Eisen oder [-Eisen zur Unterstützung, indem dieselben parallel den Verteilungsstäben eingelegt werden. Aus demselben Grunde stellen einzelne Konstrukteure die Tragstäbe aus kreisförmig gebogenen Doppelwinkeleisen her und die Verteilungsstäbe aus Rundeisen.

Eine von der bisher angegebenen abweichende Armierung wendet Ing. Fichtner an (Abb. 31 und 32[1]), indem er in bestimmten, von dem einwirkenden Druck abhängigen Abständen in den Rohrquerschnitt je zwei sich in den Punkten a kreuzende Drahteinlagen b und c einbettet. Die Einlagen sind dabei so angeordnet, daß der Draht b oben und unten in der Zugzone, rechts und links in der Druckzone liegt, während für c das Umgekehrte gilt.

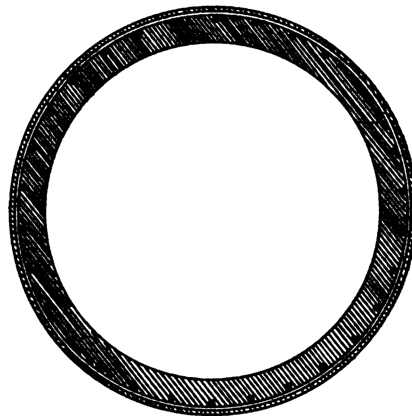


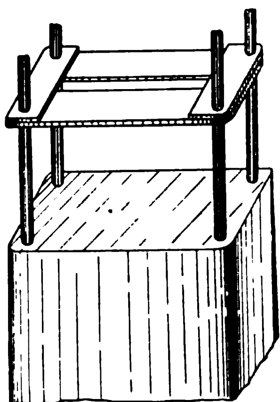
Abb. 33.

[1]) Zeitschrift „Zement und Beton“.

Werden Rohre oder Leitungen auf Innendruck beansprucht, so geschieht die Armierung wie oben angegeben, doch mit dem Unterschiede, daß die kreis- oder spiralförmigen Tragstäbe nach außen und die geraden Verteilungsstäbe nach innen zu liegen kommen. Außerdem wird man die gesamte Einlage dem äußeren Rande der Rohrwandung näher bringen, also entgegengesetzt dem oben Gesagten. Abb. 33.

8. Säulen und Wände.

Wenn auch die Hauptbeanspruchung von Säulen und Wänden im wesentlichen durch Druckspannungen erzeugt wird, genügt es in der Regel doch nicht, die Einlagen nur anzuordnen, um den Betonquerschnitt durch Einbettung einer gewissen Menge Eisen zu verringern. In den meisten Fällen werden außer dem Druck- auch noch Biegungsspannungen auftreten und es ist Zweck der Einlage, dem Konstruktionsteile auch hierfür die erforderliche Widerstandsfähigkeit zu verleihen. Hieraus ergibt sich, daß die Einlagen zur Achse der Säulen etc. symmetrisch anzuordnen sind und daß man außerdem in gewissen Abständen Querverbindungen vorsehen muß. Nach den neuesten Versuchen von Bach soll bei Berechnung von Eisenbetonsäulen nur die Würfelfestigkeit des Betons berücksichtigt werden. Die Eisenarmierung würde also ganz außer Betracht bleiben, müßte aber trotzdem in solcher Menge vorhanden sein, daß die Bruchbelastung der Würfelfestigkeit entspricht. Nach den Leitsätzen ist hierfür eine kleinste Längsarmierung von 0,8 % der Querschnittsfläche erforderlich, während Prof. Mörsch eine solche von 0,8 % bis 2 % empfiehlt. Aber auch die Entfernung der Querverbindungen, (Bügel) ist nach den Ergebnissen der erwähnten Versuche von großer Bedeutung für die Bruchfestigkeit. Prof. Mörsch empfiehlt mit Bezug darauf diese Entfernung 5 cm geringer als die Säulendicke, jedoch nicht über 35 cm, zu wählen. Außerdem ist hierfür, wie in den unter D folgenden Berechnungen gezeigt wird, die Knicklänge der Eiseneinlagen maßgebend.


Abb. 34. System Hennebique.

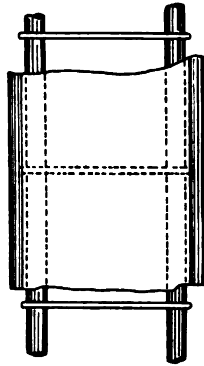
Zurzeit werden die Armierungen auch hierbei nach den verschiedenen Anschauungen der einzelnen Erfinder angeordnet. So verwendet Hennebique für die Längsarmierung Rundeisen, die durch aufgesteckte Eisenbleche oder auch Flacheisen verbunden werden, Abb. 34. Hierbei kann der Zusammenhang des Betons an der Verbindungsstelle nur gering sein und es werden bei starker Biegungsbeanspruchung leicht Fugen entstehen.

Beim System Wayß werden für die Längsstäbe ebenso wie für die Bügel Rundeisen verwandt. Letztere erhalten in der Regel eine Stärke von 7—10 mm. Abb. 35. Matrai verwendet gebogene Einlagestäbe ohne jede Querverbindung. Die Ausführungsart dürfte sich jedoch nach dem oben Gesagten als unzweckmäßig erweisen, da die Würfelfestigkeit des Betons hierbei nicht vorhanden sein kann.

Der Fuß der Eisenbeton-Säulen und Pfeiler wird in der Regel durch einen Rost von 3—5 mm starken Flacheisen oder auch durch eine Eisenplatte gebildet, auf der die Längsstäbe aufsitzen. Macht sich bei hohen Säulen ein Stoß der einzelnen Eisen erforderlich, so wird dies am einfachsten durch Überschieben eines kurzen Gasrohres, Abb. 36, bewirkt. Außerdem kann bei durchgehenden Säulen eine Verringerung des Querschnittes in dem oberen Teil verlangt sein. Diesem wird gewöhnlich durch Abkröpfen der ein-

zelnen Eisen Rechnung getragen. Die Durchmesser der Längsstäbe wählt man zweckmäßig innerhalb 15—40 mm.

Wände und Mauern werden im wesentlichen nach denselben Gesichtspunkten armiert, nur ist dabei zu unterscheiden, ob die einzelnen starke Belastungen erhalten oder nur ihr eigenes Gewicht und eventuelle seitliche Einwirkungen auszuhalten haben.



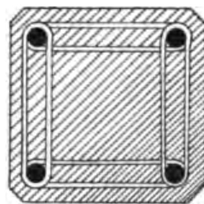


Abb. 35. System Wayß.

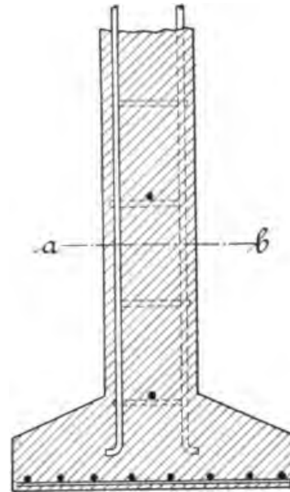


Abb. 37.



Abb. 36.

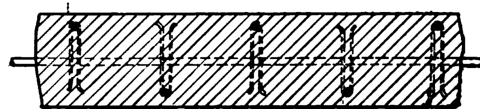


Abb. 38.

Im ersten Fall verwendet Hennebique horizontale und vertikale Stäbe, die abwechselnd in verschiedenen Ebenen liegen. Alle senkrechten Stäbe sind dabei durch Bügel mit der Betonmasse verbunden. Abb. 37 u. 38. Die Armierung von Wänden nach der Monier-Bauweise geschieht in derselben Weise wie bei den Platten angegeben. Dasselbe gilt auch für die Rabitz-Bauweise, bei der an Stelle eines Netzes von geraden Stäben ein Drahtgewebe verwendet wird.

C. Anwendungsgebiete im Hoch- und Tiefbau.

a) Hochbauten.

9. Allgemeines.

Gegenwärtig wird der Eisenbeton für alle Konstruktionsteile eines Gebäudes verwandt, so daß man zurzeit ohne Anwendung von irgend welchem anderen Material ein Bauwerk von den Grundmauern bis zum Dach von demselben herstellen kann. In ganz besonderem Maße eignet sich hierbei Eisenbeton zur Ausführung von weit gespannten, schwer belasteten Decken in Lagerhäusern, Magazinen, Hotels, Warenhäusern etc. Hier werden die sonst aus Eisen hergestellten Säulen, Träger und Unterzüge durch solche aus Eisenbeton ersetzt. Hierdurch erhält das Gebäude eine wesentlich größere Steifigkeit und vor allen Dingen Feuersicherheit. Da in den meisten Fällen alle Teile an Ort und Stelle ausgeführt werden, bildet das Ganze eine vollkommen steife Verbindung, die vielfach durch besondere Verstärkung an den Säulen und Balken noch erhöht wird. Die Auflagerung der Betoneisenträger an den Außenmauern kann dabei entweder direkt auf dem gewöhnlichen Mauerwerk erfolgen oder aber es werden besondere Wandpfeiler vorgesehen, welche die Hauptlasten direkt auf die Fundamente übertragen. Im ersten Fall müssen die Umfassungen gut fundiert und möglichst in Zementmörtel gemauert werden, damit keine Setzungen eintreten. Wird hingegen die zweite Art der Ausführung gewählt, so kann die tragende Eisenbetonkonstruktion unabhängig von allem Mauerwerk für sich allein emporgeführt und fertiggestellt werden. Hierdurch wird es möglich, daß die Umfassungen nur als einfache Verkleidung von geringer Stärke ausgeführt werden. Es leuchtet ein, daß hier die Lichtöffnungen für die einzelnen Räume ohne Rücksicht auf die Stabilität des Ganzen beliebig groß geschaffen werden können. Doch nicht nur für Gebäude von genannter Art empfiehlt sich die Eisenbetonbauweise, auch bei solchen mit geringeren Belastungen kann dieselbe unter Umständen vorteilhaft Verwendung finden.

10. Deckenkonstruktionen mit Trägern von Holz oder Eisen.

Hier sind es vor allem die Platten, die als Abdeckung für die einzelnen Geschosse weitgehendste Anwendung erfahren. Dieselben können entweder als Überdeckung auf Holz oder Eisenbalken gebracht oder aber als selbsttragende Konstruktion, die keiner weiteren Unterstützung bedarf, ausgeführt werden.

Die einfachste Art ist die gewöhnliche Monierplatte, die auf dem oberen Flansch der Träger resp. Holzbalken aufliegt und entweder fertig angeliefert oder an Ort und Stelle eingestampft wird. Sollen die Träger frei bleiben, so umhüllt man dieselben mit Beton oder einer Eisenbetonschicht zum Schutz gegen Feuersgefahr. Im anderen Falle legt man auf die unteren Flanschen der Träger ebenfalls Platten, welche, da sie nur ihr Eigengewicht zu tragen haben, unter Umständen durch einfache Gipsdielen gebildet werden können. Sind die Träger aus Holz, so werden diese Platten durch Schrauben befestigt. Der Raum zwischen beiden kann entweder frei bleiben oder zur Schalldämpfung mit leichten Stoffen, wie Gipsschutt, Asche, Korkstein, Korkziegel etc. ausgefüllt werden.

Abb. 39—42. Falls die untere Platte entsprechend stark ausgebildet wird, kann die Belastung durch die Ausfüllung direkt übertragen werden und die obere Platte fortfallen.

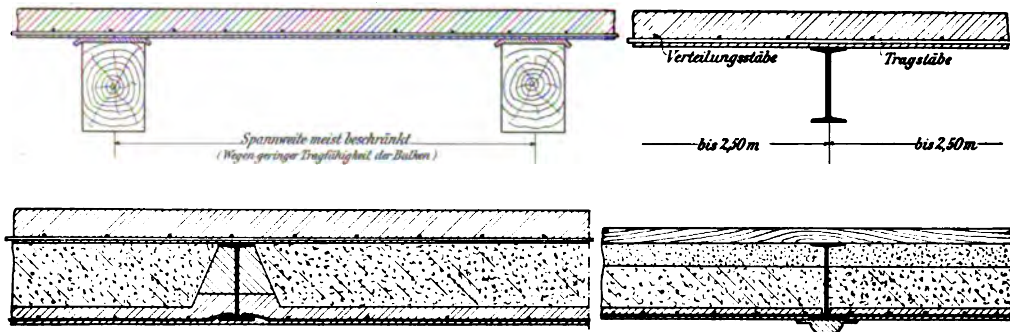


Abb. 39—42.

Abb. 42. Die ebenen Monierplatten finden nur für Spannweiten bis 2,5 m Anwendung. Als Mischungsverhältnis wählt man meist ein Teil Zement zu drei Teilen Sand. Für die

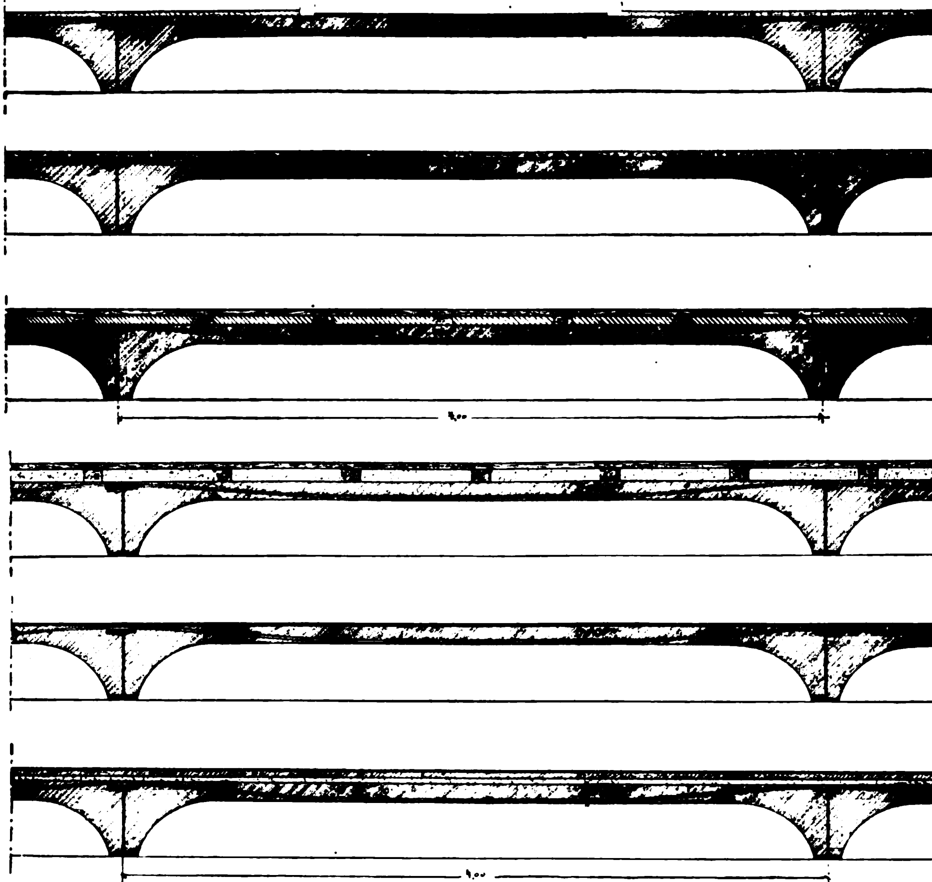


Abb. 43—48. Die Koenensche Voutenplatte. (Aktien-Gesellschaft für Beton und Monierbau, Berlin.)

weitere konstruktive Ausführung derselben gilt das vorn gesagte. Die Stärke der Platten und die Menge der Einlage wird durch Rechnung bestimmt (vergl. Berechnungen). Bei

größeren Weiten verwendet man entweder Gewölbeform oder Bauweisen wie die Koenensche Voutenplatte, Wollsche Konsol-Decke, Wayßsche Eisengelenk-Decke etc.

Die Koenensche Voutenplatte hat seit einigen Jahren eine außerordentliche Verbreitung gefunden, sie läßt sich allen Verhältnissen anpassen und auch architektonisch wirksam ausgestalten. Trotz geringer Stärke kann man damit Spannweiten bis 6,5 m überdecken.

Die Abdeckung der oberen Fläche kann, wie die Abb. 43—48 zeigen, hier sowohl, als auch bei den genannten anderen Systemen, dem Charakter des Bauwerkes entsprechend, auf die verschiedenste Weise erfolgen. Als Mischungsverhältnis wählt man 1 : 3 bis 1 : 4 (Zement und Sand).

Gewölbte Decken.

Denselben Zweck, der bei Verwendung der eben besprochenen eingespannten Platten verfolgt wird, erreicht man zum Teil auch durch Anordnung von Zwischengewölben. Die gebräuchlichsten Bauweisen dieser Art sind diejenigen nach Monier, Melan, Wünsch, Roebling und andere. Die Hauptarten der Zwischengewölbe nach Monier sind in den Abb. 49—51 gegeben. Der Stich derselben beträgt meist $^{1}/_{10}$ der Spannweite. Als Auflager werden die unteren Flanschen der Träger benützt. Die Unteransicht wird gewöhnlich geputzt und es erhalten hier wie auch bei den Voutenplatten

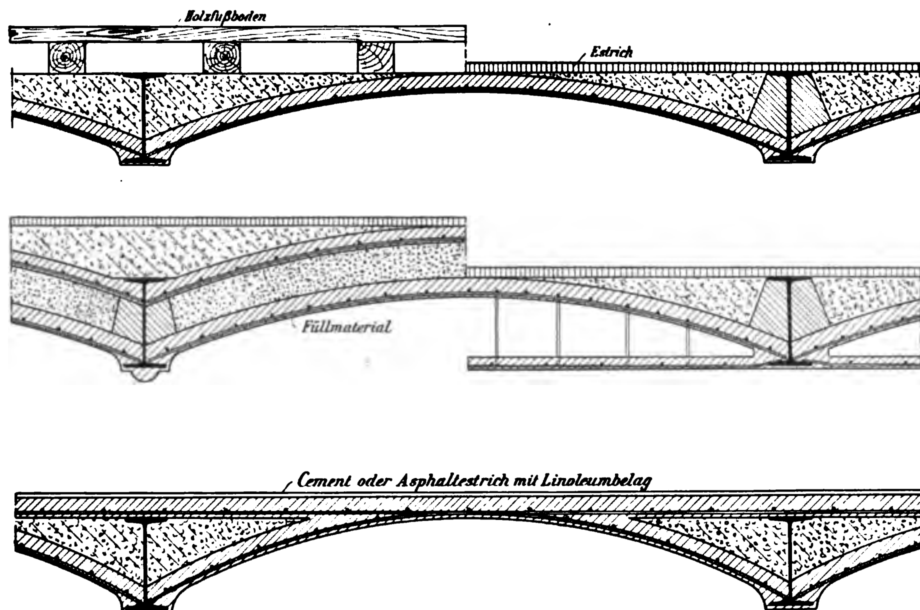


Abb. 49—51. Gewölbe nach Monierart.

die Trägerflanschen eine Drahtumhüllung, die zum besseren Anhaften des Putzes dient. In einzelnen Fällen, wo eine glutsichere Umhüllung aller Eisenteile erwünscht ist, bringt man an Stelle dieses einfachen Verputzes ein leichtes Eisengerippe nach Monierart.

Nach Angaben von Wayß genügt bei Zwischengewölben für Spannweiten bis 5,0 m und Belastungen bis 1200 kg/qm eine Einlage. Die Stärke der Betonschicht beträgt meist 5,0 cm. Auf diese wird Schlackenbeton etwa 1 : 8 oder anderes leichtes Material gebracht. Die vorbeschriebene Art der Zwischengewölbe fand bisher schon vielfach mit großem Vorteil Anwendung; dagegen ist die Bauweise Melan für der-

artige, meist geringe Belastungen nicht so beliebt, da sie infolge der Verwendung von Profileisen als Einlage (vergl. unter B Gewölbe) weniger rationell ist. Die Bauweise Roebling findet besonders in Amerika vielfach Anwendung. Die Spannweiten können bis über 2 m betragen. Die Armierung geschieht durch ein Drahtgewebe, welches von

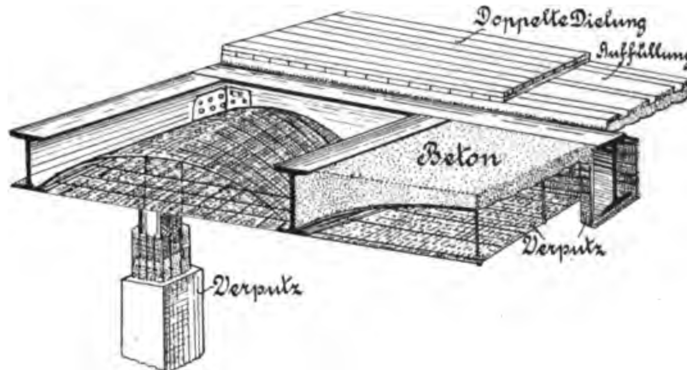


Abb. 52. Bauweise Roebling.

bogenförmigen, quer durch die Maschen gezogenen Stäben gehalten wird. Abb. 52[1]). Auf dem so gebildeten Bogen wird Beton in Mischung ein Teil Zement mit zwei Teilen Sand und fünf Teilen Asche 5 bis 7,5 cm stark, ohne zu stampfen, aufgebracht. Soll die Wölbung nicht sichtbar bleiben, so wird eine zweite ebene Einlage an Zugstangen welche die Träger verbinden, angebracht und ebenso wie die Gewölbe verputzt.

11. Plattenbalken-Decken.

Die Betoneisenbalken mit Decke können zu denselben Überdeckungen wie die bisher genannten Verwendung finden, wenn die Spannweite größer ist. Wie schon erwähnt, ist hierbei der wirtschaftliche Vorteil noch größer als bei einer Platte von gleicher Stärke. Trotzdem wird die Anwendung des Plattenbalkens erst von einer gewissen Grenze bez. der Spannweite wirklich rationell, da bis dorthin die größeren Kosten, die durch umständlichere Einschalung erzeugt werden, die Materialersparnisse ausgleichen. Außerdem bieten Platten den Vorteil geringerer Bauhöhe und schneller Ausführung, so daß man mit Berücksichtigung dessen die Plattbalken im Hochbau in der Regel erst bei Spannweiten von 5,0 m und mehr anwendet.

Die Balkenverteilung bei einer auszuführenden Decke hängt von der Tragfähigkeit der betreffenden Bauweise ab. Da man aber nach früheren imstande ist, innerhalb gewisser Grenzen beliebige Weiten durch die eine oder andere Plattenart zu überspannen, so wird die Verteilung weniger hiervon, als von der Form der zu überdeckenden Räume und von den Ansprüchen, die in bezug auf die Ausschmückung derselben gemacht werden, abhängig sein. Besonders in letzterer Beziehung gestatten die Plattenbalken nach System Hennebique und Wayß großen Spielraum.

Bei Wohngebäuden kann die Balkenverteilung meist gänzlich von den Dekorationsbedürfnissen abhängig gemacht werden. Damit aber ist dem Ausführenden betr. der Ausschmückung einzelner Räume ein großer Vorteil in die Hand gegeben. In der Regel bleiben die Balken hierbei sichtbar und lassen sich infolge der leichten Formbarkeit des Betons auf die verschiedenartigste Weise architektonisch ausgestalten. Abb. 53—54.

[1]) Christophe, Der Eisenbetonbau.

Bei Decken mit großen Belastungen kommen dagegen die Tragfähigkeits- und Festigkeitsverhältnisse ausschließlich in. Betracht. Nach Hennebique soll die Spannweite der ebenen Deckenplatten 3,0—3,5 m nicht überschreiten und zwar mit der Begründung, daß hierbei die gesamte Deckenbreite für den Balken noch als mitwirkend

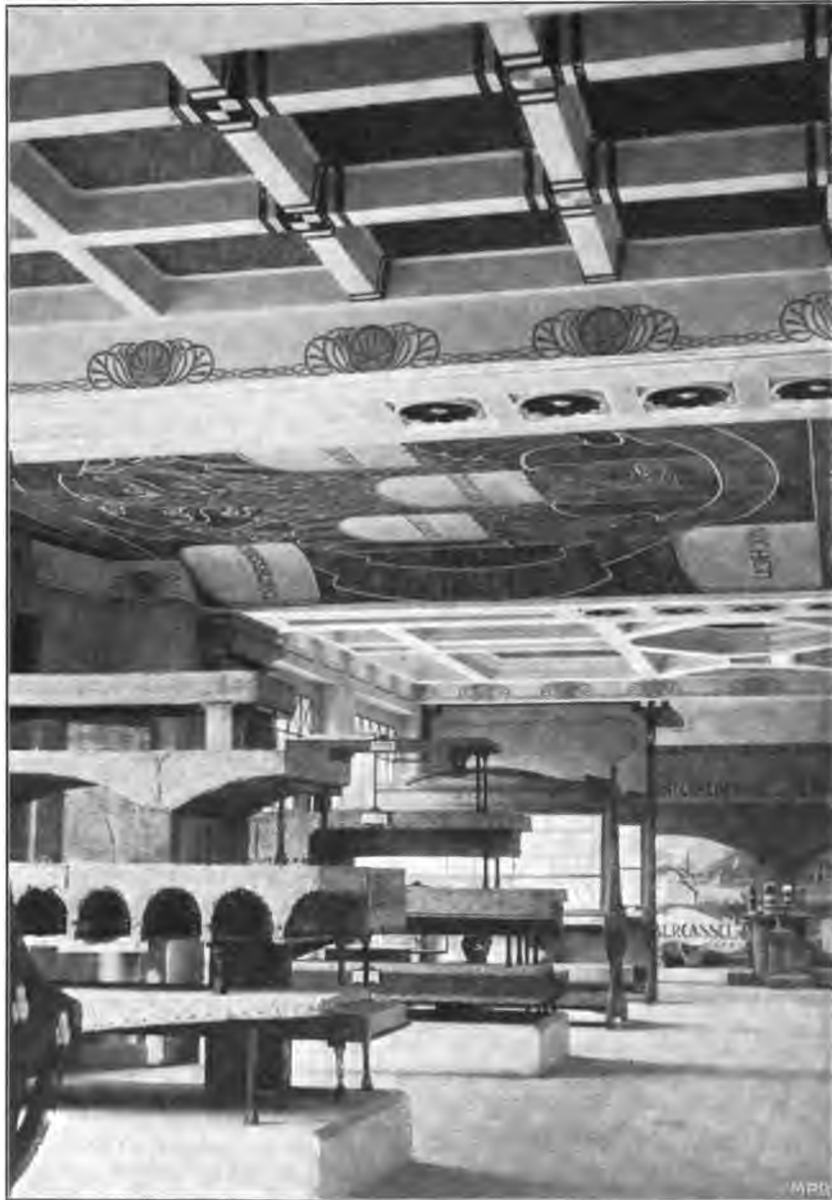


Abb. 53. Deckenausbildung der Firma Wayß & Freytag.

gelten kann. In den unter „D" angeführten Vorschriften ist hingegen festgelegt, daß als wirksame Plattenbreite in allen Fällen nur $^1/_3$ der Spannweite des Balkens in Rechnung zu setzen ist.

Für größere Räume wählt man vielfach sog. Haupt- und Nebenbalken. Abb. 55. Die Hauptträger erhalten dann etwa 5,0 m Abstand. Die Entfernung der rechtwinklig

zu diesen anzuordnenden Nebenträger ergibt sich aus den Bedingungen für die Spannweite der Zwischenplatten. Die Abmessungen der einzelnen Balken und die erforderlichen Einlagen ergeben sich aus dem aufzunehmenden Biegungsmoment, und müssen durch Rechnung begründet werden (vergl. unter D). Ihre Breite ist so zu wählen, daß alle notwendigen Einlagestäbe Platz finden. Regel ist dabei, daß zwischen zwei nebeneinanderliegenden Stäben 3—6 cm Beton gebracht wird, während der Abstand vom Rande



Abb. 54. Deckenausbildung der Firma Wayß & Freytag.

mindestens 3 cm beträgt. Die im untersten Teil verlegten Stäbe sollen bei größeren Durchmessern von der Unterkante mindestens 2 cm Abstand haben, damit die Umhüllung noch genügend stark wird. Eine vollkommene Einspannung der Hauptträger wird sich nur selten erreichen lassen, hingegen kann eine solche für die Nebenträger durch einfaches Überführen der Einlagen in das gegenüberliegende Feld oder durch zugfeste Verbindung mit den Einlagen der Hauptträger geschaffen werden. Müssen Einlagestäbe der Hauptträger gestoßen werden, so ist dieser Stoß derart herzustellen, daß event. Zug-

spannungen übertragen werden. Dies wird in einfacher Weise durch Verwendung einer aufgeschraubten Muffe erreicht. Die Bügel werden in der bereits früher besprochenen Form als Flacheisen 20 × 1,5 mm bis 50 × 3 mm oder als Rundeisen mit abgebogenen Enden eingebracht. Ihre Entfernung wird vom Auflager nach der Mitte hin entsprechend der Verringerung der Schubkräfte größer (vergl. Br.). Neben der ganz ähnlichen Ausführungsart der Plattenbalken nach Wayßschem System ist die Bauweise Hennebique in Deutschland wohl die gebräuchlichste. Naturgemäß gibt es aber auch hier eine bedeutende Anzahl anderer Systeme, so die Bauweisen Boussiron, Ransome, Coignet,

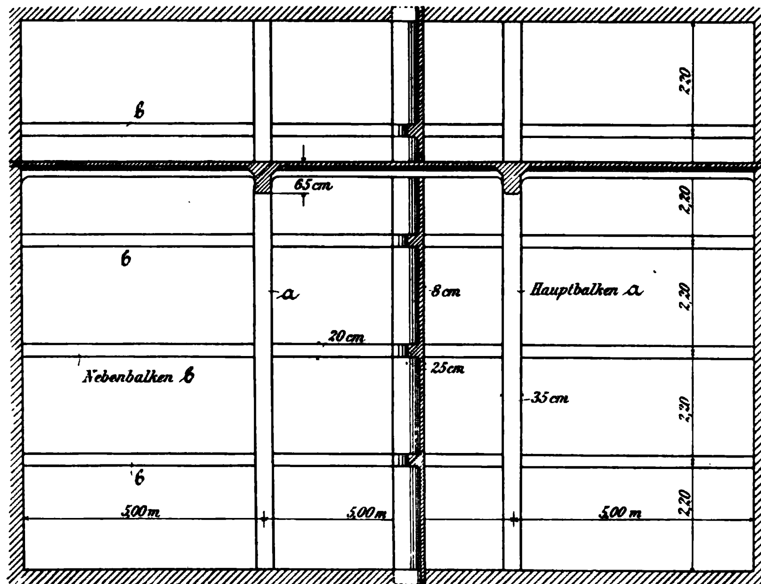


Abb. 55. Decke mit Haupt- und Nebenbalken.

Pavin de Lafarge, Matrai u. a. All die genannten stimmen bezüglich ihrer allgemeinen Anordnungen mit dem oben erörterten mehr oder weniger überein. Sie unterscheiden sich, wie bereits früher mit bezug auf die Platten erwähnt, lediglich durch abweichende Form und Lage der Einlagen, deren Verteilung aber trotzdem den entwickelten allgemeinen Grundsätzen mehr oder weniger Rechnung trägt.

Als besonderer Vorteil der Platten sowohl als auch der Plattenbalken-Decken ist noch zu erwähnen, daß sich in denselben Öffnungen von beliebiger Größe und Form ohne jede Schwierigkeit aussparen lassen. In solchen Fällen, z. B. bei Treppen, Oberlichtern etc. läßt man die Einlagen an den betreffenden Stellen aufhören und stützt die Enden durch eine Querstange, die dann gewissermaßen als Wechselbalken wirkt.

12. Säulen und Wände.

Die einfachste und billigste Form einer Eisenbetonsäule ist die quadratische, denn hierfür ist die Herstellung der Form selbst am einfachsten. Doch lassen sich auch andere Querschnittsformen, wie sechseckige, achteckige, runde, ja sogar besonders profilierte ohne besondere Schwierigkeiten herstellen. Im Hochbau sollen die Eisenbetonsäulen meist solche aus Guß- oder Schmiedeeisen ersetzen, es wird also darauf ankommen, einen möglichst geringen Querschnitt zu erhalten. Demzufolge werden hier Bauweisen, wie diejenigen von Roebling und andern, die mehr mit Beton umhüllte

eiserne Säulen darstellen und folglich einen unverhältnismäßig großen Querschnitt besitzen, nicht in Frage kommen.

Eine eigenartige Anwendung von Eisenbetonsäulen zeigen die Abb. 56 und 57, sie veranschaulichen einen Pavillon der Düsseldorfer Ausstellung (1902), der von der Firma C. Brandt dortselbst hergestellt wurde. Die Armierung ist nach Art des Hennebique-Systems ausgeführt und aus der Abb. 57 ersichtlich. Für allgemeine Fälle wurde das wesentliche betr. der Anordnung und Verteilung der Einlagen in Säulen bereits unter B angegeben und sei an dieser Stelle darauf verwiesen.

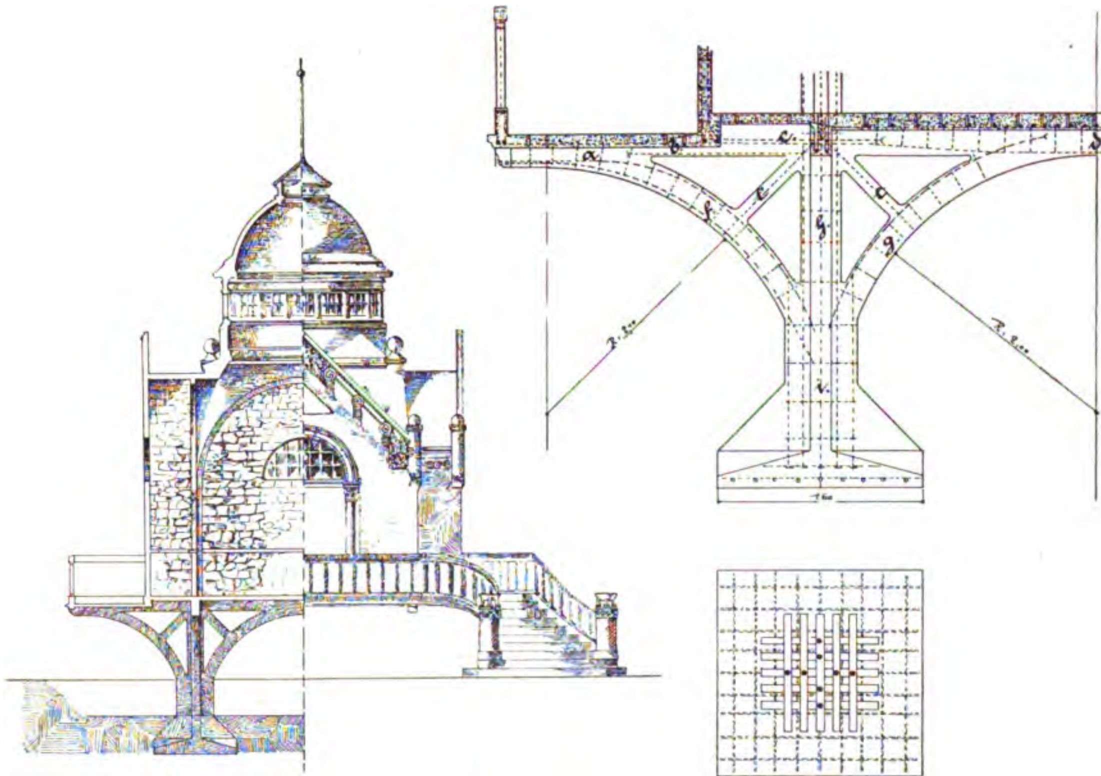


Abb. 56 und 57. Pavillon der Düsseldorfer Ausstellung 1902 (ausgeführt durch die Firma K. Brandt-Düsseldorf.

Wände. Für die Herstellung von Wänden wurde der Eisenbeton bisher nicht in dem Umfange angewandt, wie es nach dem früher Gesagten zu erwarten wäre. Der Grund hierfür ist ohne weiteres einzusehen, denn bei gewöhnlichen Gebäuden haben die Mauern und Wände selten große Belastungen aufzunehmen, sie sollen hier weit mehr eine dichte Umschließung der einzelnen Räume bilden. Betonwände aber halten bekanntlich die Wärme weniger gut zurück und erhöhen außerdem den Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Diese schon für Mittel- und Scheidewände sehr empfindlichen Nachteile werden für Umfassungen noch dadurch erhöht, daß man gegenwärtig noch nicht überall imstande ist, die vielfach künstlerischen Formen für die Ausgestaltung der Fassaden aus Eisenbeton herzustellen. Nach den verschiedenen Versuchen, die nach dieser Richtung hin gemacht worden sind, ist jedoch anzunehmen, daß es in absehbarer Zeit gelingen wird, auch hierin eine gewisse Vollkommenheit des Eisenbetonbaues zu erreichen.

Nach Monierart werden die Mauern entweder hergestellt, indem man das Eisen-

geflecht wie bei den Platten an Ort und Stelle anbringt und mit Mörtel überzieht bezw. umstampft, oder die Monierplatten werden vorher angefertigt und dienen nur zum Aussetzen eines Eisen- oder Holzträgerwerkes. Im ersten Falle werden die Tragstäbe wagerecht und die Verteilungsstäbe senkrecht angebracht und durch Bindedraht verbunden. Soll die Wand keine Belastung auf ihre Unterstützung ausüben, so kann die Anordnung der Tragstäbe nach dem aus Abb. 58 ersichtlichen System Wayss erfolgen. Die Stärke solcher Wandungen beträgt einschl. Verputz meist nur 5 cm. Für stärkere Mauern und für solche, die seitlich ausgebogen werden können, verwendet man vorteilhaft zwei Moniergewebe. Auch für Fassaden kommen meist Hohlmauern in Frage, die durch zwei Monierwände eingeschlossen werden. Sollen diese Wände an gewöhnliches Mauerwerk angeschlossen werden, so läßt man die Tragstäbe zweckmäßig genügend tief in dasselbe eingreifen. Es empfiehlt sich in solchen Fällen bei Verwendung von Ziegel-

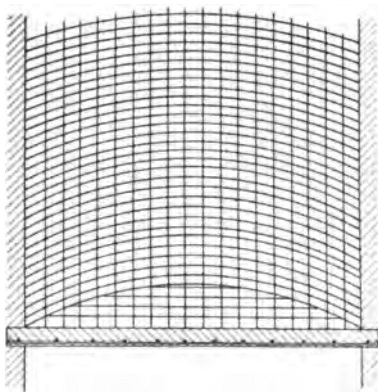


Abb. 58.

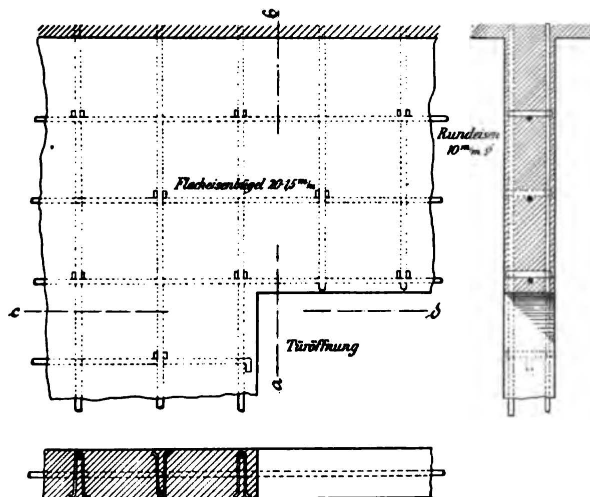


Abb. 59—61. Mauern nach System Hennebique.

steinen die Abstände der Tragstäbe mit Rücksicht darauf zu wählen. Tür- und Fensteröffnungen werden gewöhnlich durch Holz oder [-Eisen eingefaßt, an denen die Einlageeisen zu befestigen sind.

Die Rabitzbauweise wird in der schon bei den Platten besprochenen Art angewandt, und zwar wird das Drahtgewebe hier durch besondere Holz- oder Eisenrahmen in der Mitte der Mauer fest verspannt und eventuell noch durch 1 cm starke Eisenstäbe versteift. Die zur Verwendung gelangenden Drahtgewebe bestehen meist aus verzinktem Eisendraht von 1—1,1 mm Stärke mit 20 mm weiten Maschen. Wie bei den oben besprochenen Monierwänden wird auch hier vielfach anstatt Zementmörtel eine Mischung von Gips, Kalk, Sand und Leimwasser benützt.

Die Mauern nach der Hennebique-Bauweise werden ähnlich ausgeführt. Sie erhalten Stärken von 5, 10 oder 15 cm und werden in der Hauptsache nach Art der in Abb. 59—61 angegebenen Weise armiert.

13. Treppen.

Soll bei einem Gebäude möglichst vollständige Feuersicherheit geschaffen werden, so ist es ohne Frage von besonderer Wichtigkeit, daß auch die Treppenanlagen von Eisenbeton hergestellt werden. Diesem Grundsatze hat man in neuester Zeit im weit-

gehendsten Sinne Rechnung getragen und zwar sind es besonders Ausführungen von Eisenbeton-Treppen nach den Systemen Monier und Hennebique, die zahlreich und vielgestaltig angewandt sind.

Beim System Monier wird der Eisenbeton in der Hauptsache zur Herstellung der Füllungsplatte, die eben oder gewölbt sein kann, verwendet. Abb. 62 und 63. Diese Platte stützt sich entweder auf die Treppenmauern oder auf die Wangen von I- oder C-Eisen, oder aber sie stützt sich als Gewölbe auf den Boden und auf die Podestträger. Für ihre Armierung gelten dieselben Regeln, wie sie bei den einfachen Platten beschrieben wurden. Allgemein wird man das Gewölbe nach Möglichkeit der Treppen-

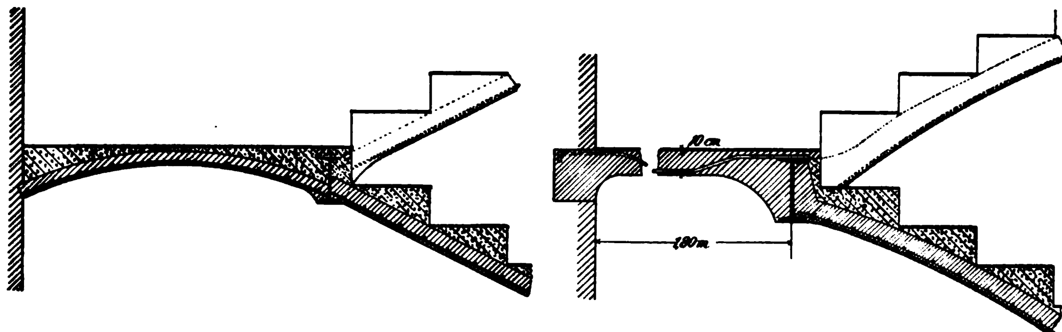


Abb. 62 und 63. Treppen mit Monierplatten bezw. Gewölben.

neigung anpassen, damit die Aufschüttung gering wird. Ist dies ausnahmsweise nicht angängig, so empfiehlt es sich, auch die Stufen aus Eisenbeton herzustellen. Hierbei bilden die Steigungen kleine senkrechte Wände, Abb. 64 und 65, die auf dem Gewölbebogen stehen und mit den Auftritten innig verbunden sind. Bei regelmäßigen Treppen werden diese zusammenhängenden Stücke zweckmäßig vorher fertiggestellt und nacheinander aufgebracht. Nach demselben Verfahren kann man auch freitragende Treppen

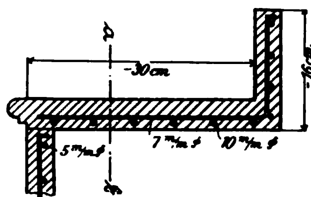


Abb 64.

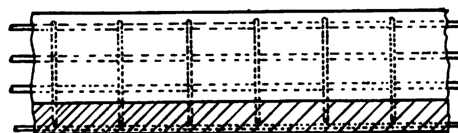


Abb. 65.

herstellen. So wurden unter anderen schon solche mit 1,5 m Ausladung ausgeführt, trotzdem die Einspannung in der Mauer nur 26 cm betrug. Im Gegensatz zu den aufliegenden Stufen ist hier die Einlage des Auftrittes möglichst dicht an die obere Seite zu bringen.

In ähnlicher Weise findet das System Hennebique Anwendung. Die Treppenwangen aus Eisenbeton, gleichviel ob gerade oder gekrümmt, sind ähnlich den Balken desselben Systems armiert. Besonderes Interesse erwecken die vielfach ausgeführten freitragenden Treppen dieses Systems. So zeigen die Abb. 66 bis 68 eine derartige Lösung unter besonders schwierigen Umständen. Diese freitragende Treppe mit geknickter Eisenbetonwange, die auf der Deutschen Städte-Ausstellung in Dresden (1903) berechtigtes Aufsehen erregte, zeigte 3 Läufe und 2 Zwischenpodeste die lediglich durch eine vorhandene Wange getragen wurden. Eine andere Anordnung zeigt Abb. 69 und



Abb. 66.

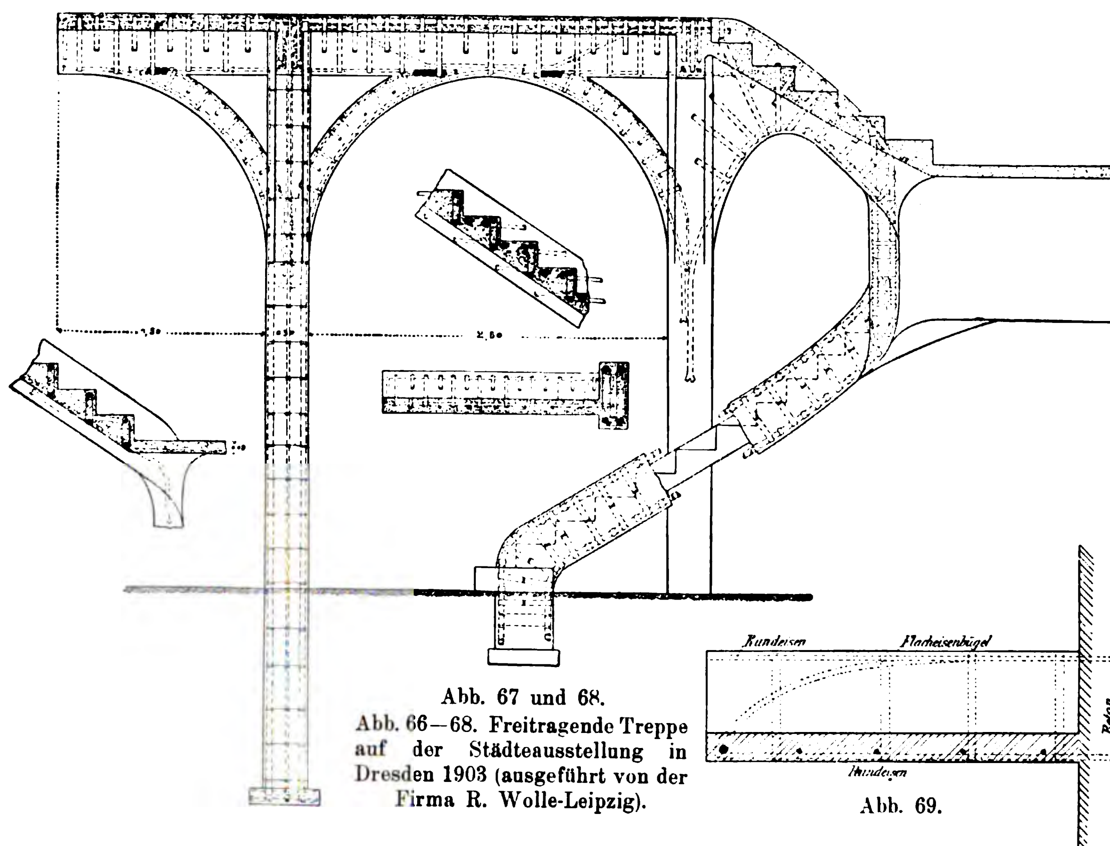


Abb. 67 und 68.

Abb. 66—68. Freitragende Treppe auf der Städteausstellung in Dresden 1903 (ausgeführt von der Firma R. Wolle-Leipzig).

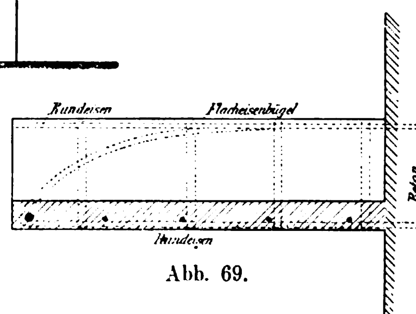


Abb. 69.

zwar ist hier die Armierung entsprechend derjenigen für Konsolen vorgesehen. Am äußersten Ende ist außerdem noch ein starker Stab eingelegt, der 2,5 m in die Platte der Treppenabsätze eingeführt wird und gewissermaßen als Stützwange wirkt. Außer den genannten wurden vielfach Treppen nach den Systemen Wayß, Lolat, Matrai, u. a. hergestellt.

14. Dächer.

Die einfachste Art der Dachausführung in Eisenbeton ist das Flachdach. Hier besteht die ganze Anordnung nur in einer ebenen oder gewölbten eventuell durch Rippen oder Balken verstärkten Platte, deren Herstellung und Armierung genau nach den früher



Abb. 70. Dachkonstruktion der Aktienbrauerei in München.

gegebenen Regeln erfolgt. Besondere Erwähnung verdient die Art der Abdeckung dieser dem Einfluß von Temperatur- und Witterungsverhältnissen besonders ausgesetzten Bauteile. Sollten dieselben ohne jeden Schutz bleiben, so würden ohne Frage sehr bald Risse entstehen die das Dach undicht machen. Man verwendet gegenwärtig meist eine 10—15 cm starke Lage von Kies, Schlacke, Kleinschlag etc. und sucht diese nach Möglichkeit feucht zu halten. Andere bringen zuerst eine 5—6 cm starke Sandschicht und auf diese eine 7—8 cm starke Kiesschicht auf. Vielfach verwendet man z. Zt. auch den sog. Holzzement, derselbe besteht, wie bekannt, aus einer undurchdringlichen, dehnbaren Masse, die mehrere Lagen stark auf Papier aufgebracht wird. Zwischen diesen und den Beton bringt man zweckmäßig eine dünne Sandschicht.

Hennebique empfiehlt bei Ausführung von Dächern noch folgende Vorsichtsmaßregeln[1]): „a) Die Zwischenplatten sind nach beiden Richtungen hin mit Einlage

1) Cristophe, Der Eisenbeton.

zu versehen, da hierdurch die Rissebildung bedeutend eingeschränkt wird. b) In Abständen von 15—20 m sind Ausdehnungsfugen von 2—3 mm Breite vorzusehen, die mit Asphalt oder Pixolin (Mischung von Teer und pechartigem Stoff) ausgefüllt werden. c) Etwaige Rippen oder Träger sind auch in der Druckzone mit Einlage zu versehen, außerdem ist die Beanspruchung des Betons geringer als bei Decken zu wählen. d) Jede Einspannung an den Mauern ist zu vermeiden, hier sind vielmehr Gleitfugen vorzusehen die eine freie Ausdehnung ermöglichen". Diese Vorsichtsmaßregeln sind ohne Frage von großer Bedeutung und sollten überall beachtet werden.

Alles bisher bezüglich der Flachdächer gesagte gilt auch bei Herstellung von Sattel- oder Walmdächern. Auch hier sind es wieder die gewöhnlichen Arten der Deckenplatten, die entweder durch Eisenträger oder aber durch Rippen bezw. Balken aus Eisenbeton gestützt werden. Als Schutz gegen Temperatureinflüsse kann man jedoch keine Sand- oder Kiesschicht vorsehen, da hierzu die Neigung der Dachflächen meist

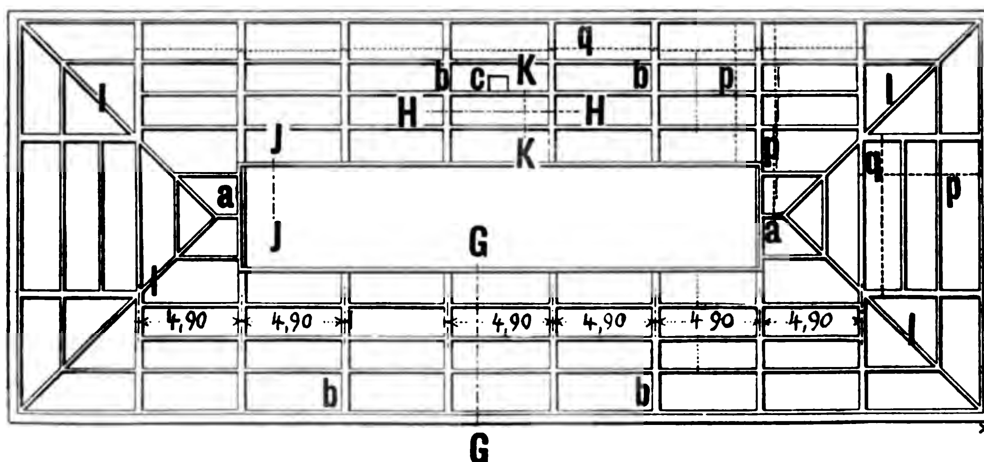


Abb. 71.

zu steil ist. Man wählt hierfür zweckmäßig die sonst gebräuchlichen Eindeckungen. So kann man Ziegeldach auf einbetonierten Holzleisten befestigen. Einfacher ist es noch, Schiefer zu verwenden, denn hier können die einzelnen direkt auf den Beton, der mit Beimischung von Schlacken gebildet wird, aufgenagelt werden. Für gewerbliche Anlagen empfiehlt sich die Verwendung von Papier, Pappe oder Filz, die mit Teer oder Asphalt getränkt werden.

Eine zweckmäßige Ausführung in Eisenbeton läßt die in Abb. 70 dargestellte Dachkonstruktion der Aktienbrauerei in München erkennen[1]). Dieselbe zeigt unter anderem auch, daß mit Hilfe von Eisenbeton Dachräume geschaffen werden, die sich infolge ihrer geringen Beengung durch Konstruktionsteile besonders für Lagerräume und dergl. eignen.

Bezüglich der vorzunehmenden Teilungen und Einzelheiten geben die nebenstehenden Abb. 71—76[2]) ein Beispiel. Das 48,0 m lange und 18,0 m breite Gebäude ist vollständig in Eisenbeton eingedeckt und zu beiden Seiten des Firstes mit Oberlichtern versehen. Die Plattenbalkendecke wird von den Umfassungen und zwei Säulenreihen getragen. Letztere sind von Eisenbeton hergestellt und auf 2,20 m im Quadrat

[1]) Ausgeführt durch die Firma Wayß & Freytag.

[2]) Zeitschrift „Zement und Beton".

großen Grundplatten gegründet. Die Deckenträger liegen in Abständen von 4,8 m und werden durch normal dazu angeordnete Nebenträger in Abständen von 1,65 m belastet. Bei Annahme von 500 kg Nutzlast für das Dachgeschoß ergaben sich die Abmessungen für die Hauptbalken zu 60 cm Höhe und 35 cm Breite, für die Nebenträger zu 35 cm Höhe und 15 cm Breite. Die zwischen gespannten Deckenplatten haben eine Stärke von 6 cm.



Abb. 72.

Das Walmdach, dessen Grundriß durch Abb. 71 dargestellt wird, ist nach allen Seiten unter 30° geneigt. Die Anordnung der Balken geschah ähnlich wie bei der eben besprochenen Decke. Die Abmessungen derselben konnten jedoch kleiner werden, da hier das Eigengewicht infolge Verwendung von Schlackenbeton wesentlich vermindert wurde. Nur 2 Sparren a gehen bis zum First und sind in ihrem oberen Teil mit einer besonderen 10 mm starken Einlage versehen. Alle übrigen Sparren b reichen nur bis an den Wechselbalken d des Oberlichtes und sind nach Abb. 73 armiert, d, e, f, g sind Einlagestäbe von 22 mm Durchmesser. Die Entfernung der Pfetten beträgt 1,65 m, diese sind 28 cm hoch und 15 cm breit. Abb. 74 zeigt einen Schnitt durch die Gratsparren „l“, in welchen 2 Stäbe m von 29 mm Durchmesser eingelegt sind. Abb. 75 und 76 endlich veranschaulichen die Anordnung der Einlagen in den Sparren „b“, den Pfetten „n“ und den einzelnen Feldern des Daches. Die Einlage der Platten besteht aus 6 mm starken Stäben, die in der Richtung der Dachneigung 17,5 cm Abstand und rechtwinklig dazu 30 cm Abstand haben. Der Beton wurde ziemlich trocken

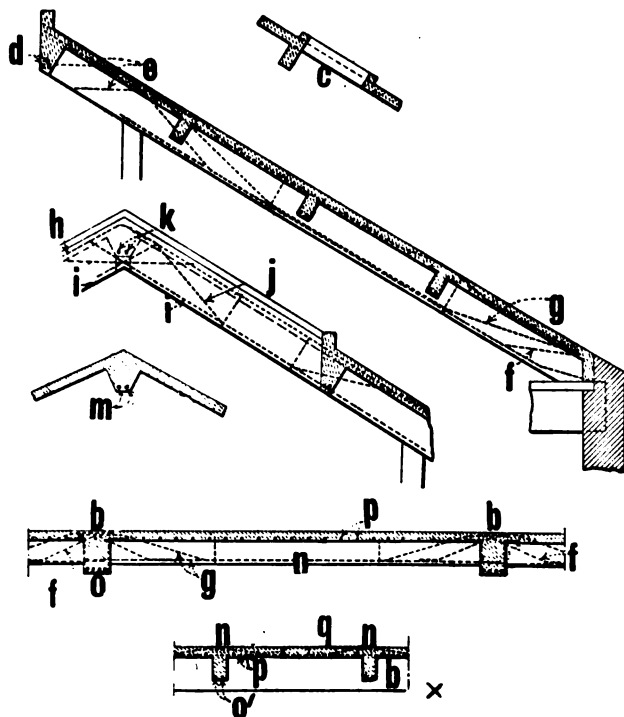


Abb. 73—76.

aufgebracht und wegen Befestigung der Schiefer noch mit einer 6 mm hohen Mörtelschicht von 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 4 Teilen gesiebter Kohlenschlacke versehen.

Eine besondere Dachform bildet das Wölbdach nach Monierart. Ein solches war 1903 auf der deutschen Städteausstellung in Dresden mit 5,0 m Spannweite und 5 cm Scheitelstärke hergestellt. Abb. 77. Außerdem wurden solche anderweit schon bis 25 m Spannweite ausgeführt und zeigten die einzelnen bisher keinerlei Mängel. Die Pfeilhöhe beträgt gewöhnlich $^1/_6$—$^1/_8$ der Spannweite. Das Dach selbst wird nach er-

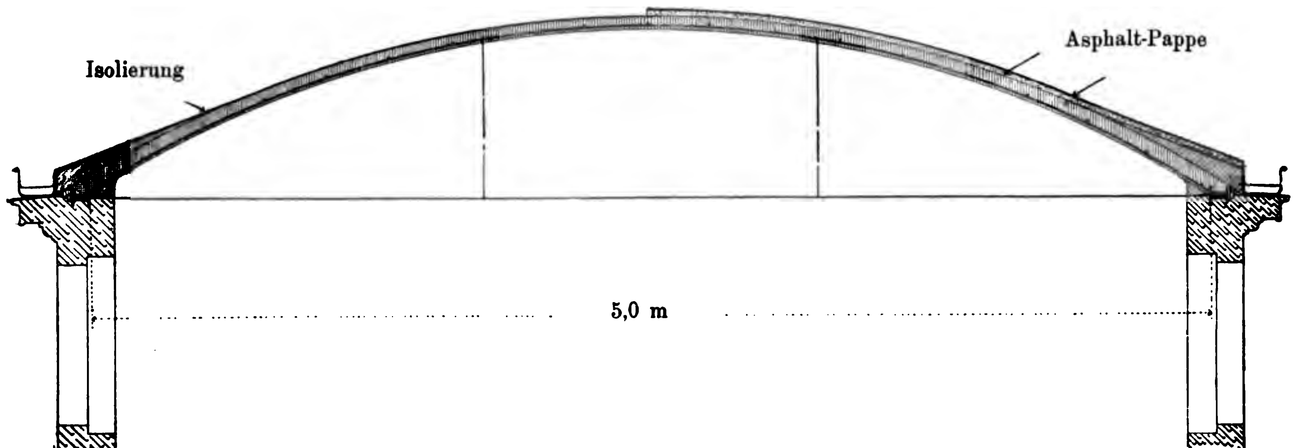


Abb. 77. Wölbdach nach Monierart.

folgter Zementierung meist mit Asphalt- oder Dach-pix-Pappe überzogen oder auch nur mit einem Dachpixanstrich versehen. Um das durch Dünste oder Dämpfe auftretende Abtropfen zu verhindern, bringt man oftmals eine Isolierung aus Korkplatten oder Gipsdielen mit doppelter Dacheindeckung auf. Außerdem ist in solchen Fällen für gute Lüftung Sorge zu tragen.

Ebenso wie bei den Treppen ist auch für Dächer die weitgehendste Verwendung von Eisenbeton zu empfehlen, denn die Feuersicherheit dieser Bauwerke ist eine nahezu unbegrenzte.

15. Gründungen.

War die Verwendung des Eisenbetons schon bei den bisher besprochenen Konstruktionsteilen empfehlenswert, so trifft dies in erhöhtem Maße bei Gründungen zu. Hier kommen die günstigen Eigenschaften desselben unzweifelhaft mit am vorteilhaftesten zur Geltung. Nicht nur daß er sich im besonderen Maße zur Herstellung von zusammenhängenden Platten für Fundamente eignet; er gestattet infolge seiner leichten Formung auch die Verwendung als Pfahlrost, Gurtbogen, Senkbrunnen etc.

Platten. Als einfachste Verwendungsart können die als gewöhnliche Platten hergestellten Gründungssohlen unter Pfeilern und Mauern gelten. Diese haben den Zweck, die vielfach bedeutenden Lasten der Umfassungen und Säulen auf eine genügend große Fläche des Baugrundes zu übertragen, damit dieser keinen zu großen Druck erleidet. Während man bei Verwendung von Beton ohne Einlage die Stärke dieser Sohlenplatten meist sehr groß annehmen muß, genügt für armierten Beton eine wesentlich geringere Dicke, da hier in der Platte selbst nicht nur Druck-, sondern auch Zugspannungen auftreten dürfen. Allgemein kann man für die Anordnung der Einlagen annehmen, daß die

Platten durch die obere Belastung in der Mitte beansprucht werden und der Untergrund einen gleichmäßig verteilten Gegendruck erzeugt. Daraus ergibt sich, daß die ganze untere Seite der Platte Zugspannungen erleidet und infolgedessen durch Einlagen armiert werden muß. Im oberen Teil wird unter gewöhnlichen Verhältnissen nur Druck wirken, der eine Einlage entbehrlich macht. Ist die Belastung von oben nicht durchgehend, sondern teilweise unterbrochen z. B. durch Türen etc., so wird die Platte auch in der Längsrichtung der belastenden Mauer zu armieren sein. Hier wird aber im Gegensatz zu vorher nur der Untergrund Druck ausüben, wodurch im oberen Teil der Platte Zugspannungen hervorgerufen werden. Die Längsarmierung ist demgemäß hier im oberen Teile vorzusehen. Im allgemeinen ist es empfehlenswert, die Längsarmierung allenthalben anzuordnen, da durch ungleiche Tragfähigkeit des Untergrundes oder auch durch ungleiche Lastverteilung leicht Brüche in der Grundplatte entstehen. Hierbei wird die Einlage in der Längsrichtung direkt auf die Querstäbe gebracht und mit diesen eventuell verbunden.

Gründungsplatten nach System Monier werden ähnlich wie die Deckenplatten hergestellt. Die Tragstäbe sind senkrecht zur Mauerflucht im unteren Teil zu verlegen und durch die Verteilungsstäbe, die hierbei gleichzeitig die Längsarmierung darstellen, fest zu halten. Die Stärke der Platten und der erforderliche Eisenquerschnitt berechnet sich, indem man die Belastung und Ausladung der Platte im umgekehrten Verhältnis eines eingespannten Trägers wirkend denkt. Das Eisennetz wird möglichst nahe an die untere Seite gebracht, muß aber noch genügend gegen Berührung mit Erde oder Wasser geschützt sein. Bei Säulengründungen liegen genau dieselben Verhältnisse wie oben angegeben vor, nur sind hier nach beiden Richtungen Tragstäbe vorzusehen, die bei □-Fundament-Querschnit außerdem gleiche Durchmesser erhalten.

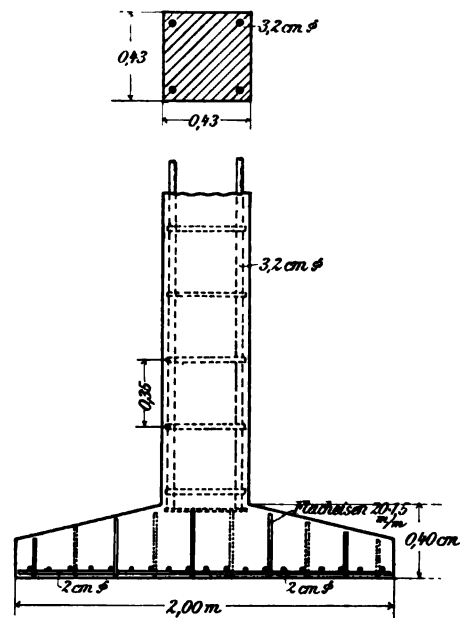


Abb. 78 und 79.

Eine etwas abweichende Art von den bisher besprochenen Grundplatten erhält man durch einfache Einlagen von Trägern oder Schienen. Diese Ausführungsart ist sehr einfach und eignet sich besonders zur Herstellung durchgehender Roste für ganze Gebäudegrundflächen. Man stampft zuerst eine 20—40 cm starke Betonschicht, sodann legt man Träger oder Schienen kreuzweise übereinander und umgibt jede Lage mit einer Betonschicht. Im allgemeinen wird man hierbei möglichst schon gebrauchtes Eisen verwenden, da sonst die Ausführung sehr kostspielig wird.

Hennebique führt die Gründungsplatten im wesentlichen nach denselben Grundsätzen aus, wie sie beim **Moniersystem** besprochen wurden, doch verwendet er außerdem noch Bügel, welche die Einlage mit dem Beton besser verbinden sollen. Gerade für stärkere Platten und mehrfache Einlagen ist der Vorteil dieser Querverbindungen ein sehr großer. Abb. 78 und 79 zeigen die Grundplatte eines Pfeilers, der 100 t Belastung anzunehmen hat. Die quadratisch angeordnete Platte vermindert diesen Druck auf 2,5 kg pro qcm Baugrund. Als Bügel fanden hierbei Flacheisen von $20 \times 1^1/_2$ mm Querschnitt Verwendung.

Pfahlroste.

Bei der außerordentlichen Dauerhaftigkeit des Eisenbetons gegenüber dem Holze, welches bis vor kurzem für Herstellung von Rammpfählen allein Verwendung fand, versuchte man naturgemäß schon oft solche aus Eisenbeton auszuführen. Diese zeigten denn auch nach den gemachten Erfahrungen bedeutende Vorteile. Während nämlich Versuche mit reinen Betonpfählen; die gewöhnlich durch Einstampfen oder Einschütten an Ort und Stelle hergestellt werden, den Nachteil ergaben, daß man bezüglich der Qualität keine genügende Sicherheit hat, lassen sich Eisenbetonpfähle genau wie solche von Holz vorher fertig stellen und mit Hilfe von Dampframmen etc. einschlagen. Hierbei

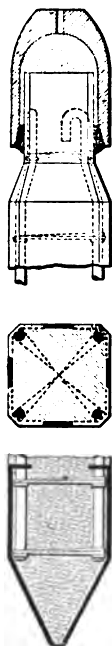


Abb. 80. Eisenbetonpfahl mit Schlaghaube n. System Hennebique.

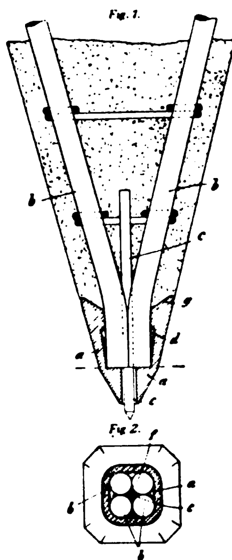


Abb. 81. Pfahlspitze nach Züblin.

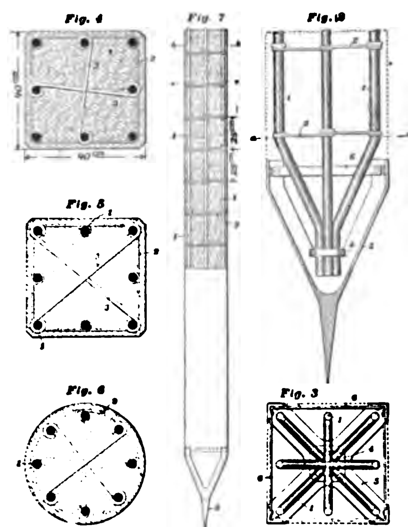


Abb. 82. Eisenbetonpfähle für einen Landungssteg in Noworossysk.

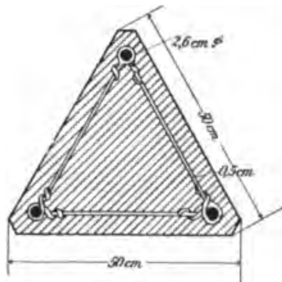
muß allerdings wegen der Sprödigkeit des Betons ein besonderer Schutz des Kopfes vorgesehen werden. Hennebique, der auch hier wieder vorbildlich wurde, verwendet dazu eine sogenannte Schlaghaube, Abb. 80[1]). Die Pfähle sind hierbei quadratisch und durch eine mit 4 Lappen versehene Eisenspitze geschützt. Empfehlenswerter erscheint es jedoch, die Rundstäbe unten zusammenzuführen, Abb. 81[1]), da im ersten Fall durch die stumpf endenden Stäbe eine nach außen treibende Wirkung entsteht. Das Kopfende ist wegen Anbringung der Schlaghaube rund gestaltet. Letztere wird zur Milderung des Schlages beim Rammen mit Sägemehl gefüllt. Die Armierung bilden 4 Stäbe in den Ecken, die in kurzen Abständen durch gekreuzte (Abb. 80) oder den Umfangsseiten parallel (Abb. 82)[1]) gelegte Drähte verbunden werden.

Das Stampfen der einzelnen Pfähle kann stehend oder liegend erfolgen, das erstere ist mit bezug auf die spätere Druckwirkung vorteilhafter, doch auch wesentlich umständlicher.

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

Bedeutende Gründungen dieser Art wurden von den Ingenieuren Züblin und Deimling bei der Herstellung einer Mauer des Hauptbahnhofes in Hamburg sowie beim Bau des neuen Bahnhofes in Metz ausgeführt. Im ersten Falle wurden 580 Pfähle von 5—12 m Länge und 36 × 36 cm Querschnitt verwandt. Alle waren stehend gestampft, ihre Armierung bestand aus 4 Rundeisen von 25 mm Durchmesser. Die Bügel wurden von 8 mm starkem Draht gebildet und in Abständen von 25 cm parallel den Außenseiten angeordnet. Als Betonmischung wurde 1 Teil Zement mit 2 Teilen Sand und 3 Teilen Kies verwandt. Diese Mischung ist teilweise bis auf 1 : 1,5 : 1,5 verbessert worden. Der Beton wurde hierbei in plastischem Zustande eingebracht und in Schichten von höchstens 10 cm eingestampft.

Eine andere Pfahlform mit dreieckigem Querschnitt wurde neuerdings beim Bau eines Berliner Amtsgerichtes und bei einem Lagerhaus in Rotterdam verwandt. Bei dieser Form stellt sich sowohl die Armierung als auch die Herstellung rationeller dar, außerdem lassen sich diese Pfähle leichter führen und rammen. Abb. 83 und 84. Die Einlage besteht aus 3 Rundeisen, die durch Bügel verbunden werden. Außerdem sind in Abb. 84 besondere Klammern vorgesehen, die den Zusammenhang verbessern.



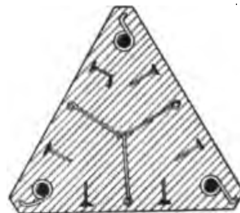


Abb. 83 und 84.

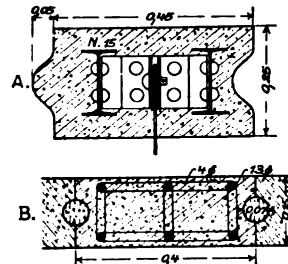


Abb. 85 und 86.
Die Hennebique-Spundbohle.

Die Haube wird hier durch einen 50 cm hohen, 2 cm starken Ring gebildet, der durch Schrauben zusammengehalten und mit Holz ausgefüttert ist. Letzterer schließt an allen Seiten dicht an den Pfahl an. Die Spitze erhält hier keinen besonderen Schuh, sondern wird durch die Einlagestäbe gebildet, die zu dem Zweck am Ende vereinigt und zusammengeschweißt werden.

Außer den Rammpfählen werden z. Zt. auch Spundbohlen aus Eisenbeton hergestellt, diese sind besonders für Bohlwerke und Kaibauten empfehlenswert, da hier Holzbohlen leicht verfaulen. Abb. 85 und 86[1]) zeigen Querschnitte solcher Bohlen. Die sogenannte Hennebiquebohle (Abb. 86) besitzt an jeder Seite eine Nut. Füllt man in diese nachträglich Beton, so verbindet derselbe die Pfähle nach Art der Federn.

Senkbrunnen können ebenso wie Pfähle etc. leicht in Eisenbeton hergestellt werden. Soll das Absenken der Ummantelung entsprechend der ausgehobenen Masse geschehen, so wird man dieselbe vorher stückweise anfertigen und nacheinander aufbringen. Die Armierung geschieht hier genau wie bei den Rohren angegeben. Wird die Ummantelung vorher fertiggestellt, so kann sie unter Umständen aus einem Stück bestehen. So wurden beim Bau des neuen Hamburger Gaswerkes nach dem Moniersystem hergestellte Brunnen von 1—3 m Durchmesser verwandt. Die Abb. 87 und 88a u. b[2]) zeigen einen solchen von 1,8 m Durchmesser und 8,0 m Höhe. Die Wandungen erhielten

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.
[2]) Christophe, Der Eisenbeton.

hierbei eine Stärke von 7—10 cm. Der untere Rand wurde mit einer eisernen Schneide eingefaßt, an welche man die senkrechten Einlagestäbe befestigte. Als Mischung für den Beton ist 1 Teil Zement mit 3—4 Teilen Kies verwandt. Das Einsenken dieser

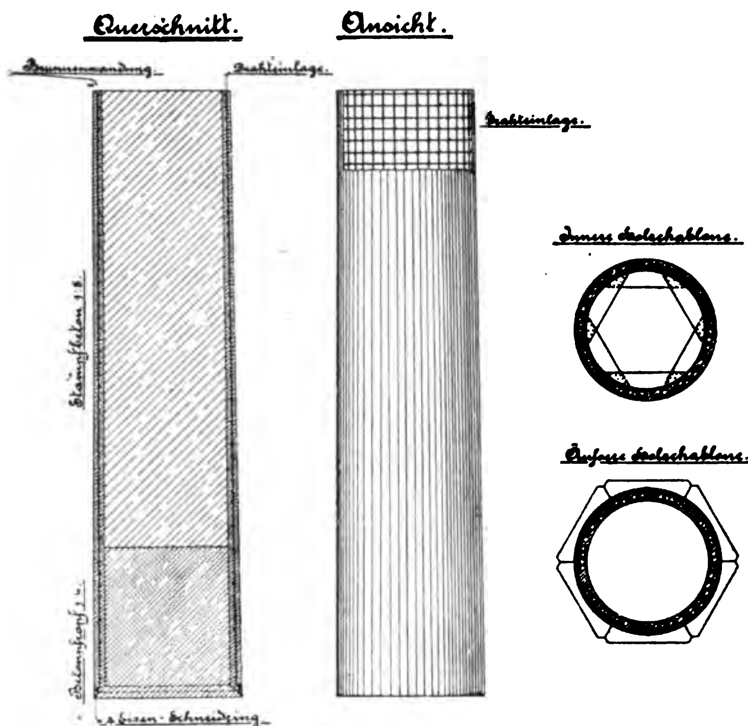


Abb. 87 und 88 a und b. Senkbrunnen nach System Monier.

Ummantelung geschah gewöhnlich 8—10 Tage nach Fertigstellung und wurde nach Bedarf durch künstliche Belastungen unterstützt. Eine andere Art von Senkbrunnen in Eisenbeton ist diejenige nach System Simons[1]), die unter andern bei den Gründungen des Stadttheaters in Bern Anwendung fand.

b) Tiefbauten.

16. Allgemeines.

War das Anwendungsgebiet des Eisenbetons schon im Hochbau ein nahezu unbegrenztes, so trifft dies noch mehr im Tiefbau zu. Ja die Entwickelung des Tiefbaues selbst hängt bis zu einem gewissen Grade außer mit den Fortschritten des Betonbaues nicht unwesentlich mit denjenigen des Eisenbetons zusammen. Zurzeit gibt es im gesamten Tiefbauwesen wohl kaum noch Konstruktionsteile, die nicht schon, wenigstens versuchsweise, mit Hilfe von Eisenbeton ausgeführt sind. Der Grund hierfür ist ohne weiteres ersichtlich, denn noch mehr wie im Hochbau ist hier eine außerordentliche Festigkeit und Dauerhaftigkeit erste Bedingung für eine gute Ausführungsweise der einzelnen Konstruktionen.

---

[1]) Christophe, Der Eisenbeton.

17. Brücken und Durchlässe.

Die Herstellung von Brücken in Eisenbeton war eine der ersten Verwendungsformen dieser Bauweise überhaupt. Besonders war es hier das Monier-Gewölbe, welches in hohem Maße geeignet erschien, die Vorteile des reinen Eisenbaues ohne dessen Nachteile mit den günstigsten Eigenschaften des Massivbaues zu verbinden. Während man bis dahin in allen Fällen, wo große Dauerhaftigkeit, günstige Formen und geringste Unterhaltungskosten verlangt wurden, die Verwendung von Stein- oder Betonbrücken vorzog, kam man nunmehr dazu, Betongewölbe mit Eiseneinlage zu verwenden, denn diese hatten außer den verlangten Eigenschaften noch den Vorteil, daß sie größere Zugspannungen aufnehmen konnten. Die notwendigen Wölbstärken waren infolgedessen wesentlich geringer und die damit erreichten materiellen Vorteile unter Umständen ganz beträchtlich. Wie man heute vollständige Gebäude in Eisenbeton herstellt, so sieht man auch Brücken von der Gründung bis zur Fahrbahn in derselben Weise ausgeführt. Auch hierbei kann man wie im Hochbau zwei Verwendungsarten unterscheiden. Der Eisenbeton kann nämlich entweder nur zur Herstellung der auf eisernen Trägern etc. ruhenden Fahrbahntafel, oder aber zur Herstellung der gesamten Überbaukonstruktion einschl. der Fahrbahntafel verwandt werden. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß die konstruktive Durchbildung dieser einzelnen Teile nach denselben Regeln zu erfolgen hat, wie sie bisher geschrieben wurden. Man wird demgemäß gerade Brückenanordnungen mit einfachen geraden Platten bezw. Plattenbalken unterscheiden von bogenförmigen Brücken, welch letztere als Gewölbe- oder Gurtbogen- bezw. Rippengewölbe zu betrachten sind.

Als abweichend von dem dort Gesagten ist zu beachten, daß bei Brücken in Eisenbeton noch besondere Anordnungen notwendig werden, um die Erschütterungen, welche durch bewegliche Lasten erzeugt werden, vom Beton fernzuhalten. Man bringt zu diesem Zweck zwischen die tragende Konstruktion und die eigentliche Fahrbahn ein schützendes Polster, und zwar in Form einer Aufschüttung. Dieser Umstand ist besonders bei Eisenbahnbrücken zu beachten, denn hier ist es durchaus unzulässig, daß die Schienen direkt auf den Beton der tragenden Konstruktion verlegt werden, es empfiehlt sich vielmehr, die Bettung der freien Strecke auch über die Brücke hinwegzuführen.

Beim Bau von Straßen- und Fußgängerbrücken ist es unter gewissen Voraussetzungen angängig, daß eine besondere Überschüttung fortfällt. Hierdurch wird das Eigengewicht auf ein Mindestmaß reduziert und die Konstruktion infolgedessen wesentlich leichter. In solchen Fällen, die im allgemeinen nur bei Brücken von untergeordneter Bedeutung zulässig und empfehlenswert sind, wird die Fahrbahn und der Fußweg oft nur durch einen festen Mörtelbelag gebildet. Ist gewöhnliches Pflaster vorzusehen, so muß mit einer ziemlich dicken Sandschicht zwischen diesem und dem Beton gerechnet werden, außerdem ist hierbei die Verwendung behauener Steine zu empfehlen. Trotz größerer Kosten ist die Anordnung einer besonderen Bekleidung z. B. Asphalt oder Holzpflaster als günstig zu bezeichnen, da hierdurch der Beton vor allem auch den Temperatureinflüssen entzogen wird.

Überall dort, wo über dem Eisenbeton eine Aufschüttung bezw. eine Bekleidung vorhanden ist, wird man besondere Sorgfalt auf genügende Sicherung gegen das Eindringen von Sickerwasser zu verwenden haben. Man wird deshalb die Betondecke oder das Gewölbe zweckmäßig durch eine abdichtende Schicht, z. B. durch Zementstrich mit Asphaltfilzplatten etc. abdecken.

Brücken mit Eisenträgern.

Bei der Monier-Bauweise verwendet man als Belag die gewöhnliche Platte oder auch Zwischengewölbe. In vielen Fällen finden beide Arten Anwendung, indem die Fußwege mit Platten, die Fahrbahnen hingegen mit Gewölben überspannt werden.

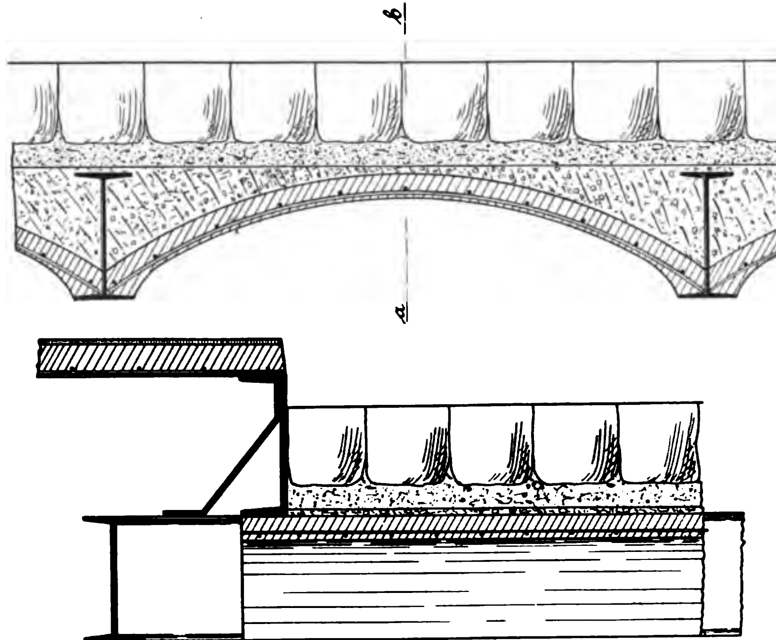


Abb. 89 und 90.

Diese Gewölbe bringt man entweder zwischen Längsträger oder besser zwischen Querträger. Abb. 89 und 90. Im letzteren Falle wird nämlich der Horizontalschub der ruhenden Belastung aufgehoben und man ist außerdem in der Wahl der Spannweiten nicht beschränkt. So hat man derartigen Zwischengewölben bei 1/10 Stich schon bis 5 m Spannweite gegeben. Hierbei genügt in den meisten Fällen eine einfache Einlage. Als Stützen für die Gewölbe werden meist die unteren Trägerflansche benützt, außerdem bringt man gewöhnlich direkt auf die Gewölbe noch eine Überschüttung von Zement- oder Schlackenbeton und auf diesen die Fahrbahnbefestigung. Hierdurch wird ein guter Schutz der Träger gegen Rostbildung und außerdem eine Verstärkung der Gewölbe erzielt.

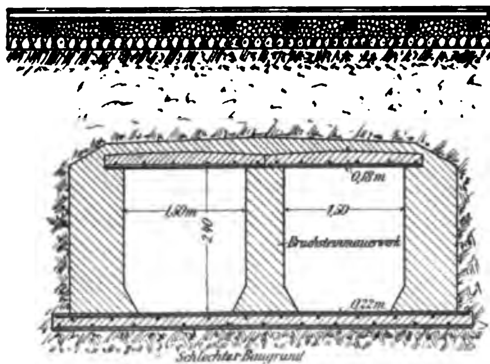


Abb. 91.

Als besonders vorteilhaft für die Ausführungsweise erscheint die vorn beschriebene Koenensche Voutenplatte, die entsprechend den unter B gemachten Angaben armiert und eingespannt wird. Auch die Platten des Systems Hennebique fanden schon mehrfach Anwendung.

Durchlässe. Die einfachste Form der Plattenbrücken findet bei Durchlässen Anwendung. Hier werden Platten nach Monier- oder Hennebique-Art als einfache

Abdeckungen bis zu 3 m Spannweite verwandt. Die Abb. 91 zeigt einen Doppeldurchlaß mit je 1,50 m Lichtweite. Wegen schlechten Grund (Torfboden) mußte zur Aufnahme der Wangenmauern eine durchgehende Eisenbetonplatte hergestellt werden.

Platten-Balkenbrücken.

Hier sind es neben denjenigen von Wayß, Möller u. a. vor allem Ausführungen nach dem System Hennebique, die bisher wohl am meisten Verwendung fanden. Die Balkenbrücken dieser Bauweise sind nach denselben Regeln konstruiert wie die Plattenbalken desselben Systems (vergl. u. C). Die eigentliche Deckenplatte wird hier gewöhnlich von den Hauptträgern, die einen Abstand von 1,2—2,0 m haben, direkt getragen. Die Abmessungen der Platten und Träger werden naturgemäß auch hier gerechnet und hängen im wesentlichen von den Spannweiten und Belastungen ab.

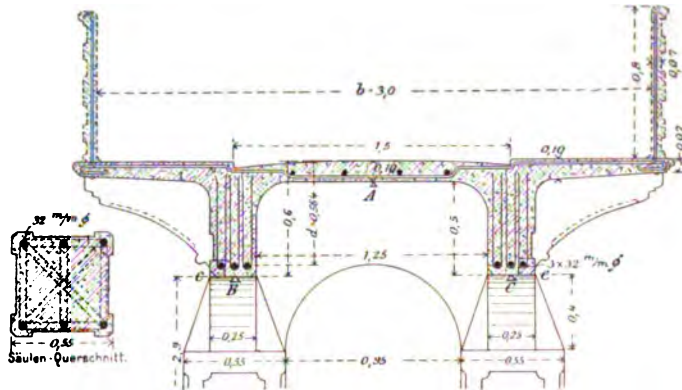


Abb. 92 und 93. Querschnitt einer Fußgängerbrücke. (System Hennebique.)

Abb. 92[1]) zeigt den Querschnitt einer 10 m weit gespannten Fußgängerbrücke nach dem genannten System. Dieselbe war für die Deutsche Städteausstellung in Dresden durch die Firma Odorico, Dresden hergestellt und wurde nach Schluß der Ausstellung bis zum Bruch belastet.

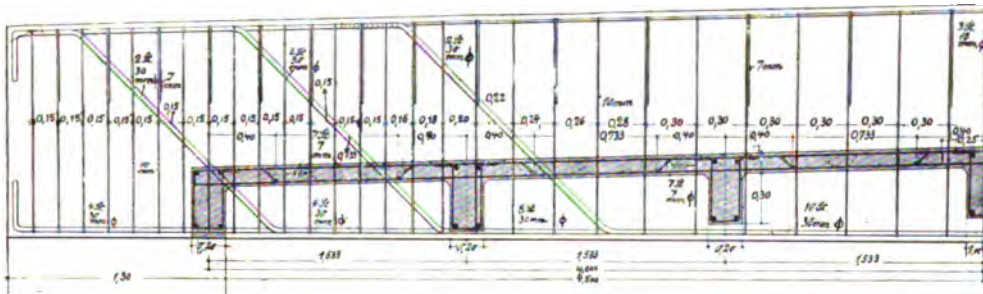


Abb. 94. Straßenüberführung bei Ulm.

Die 10 cm starke Platte mit den 2 Unterzügen war für eine Nutzlast von 400 kg pro qm berechnet. Das ganze Bauwerk war auf 42,90 m hohen quadratischen Säulen (Abb. 93) von 55 cm Seitenlänge ausgeführt und in der aus Abb. 92 ersichtlichen Weise armiert. Das Mischungsverhältnis des Betons war ein Raumteil Zement, mit 3 Raumteilen Kiessand (1–20 mm) und 1 Raumteil Syenitfeinschlag (20–30 mm Korngröße). Der Wasserzusatz bei der Ausführung betrug 14%.

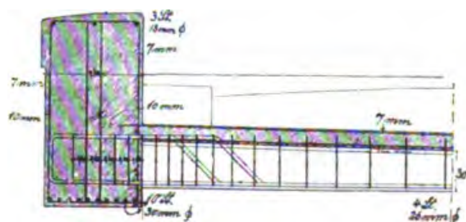


Abb. 95. Straßenüberführung bei Ulm.

Auch die Plattenbalken nach System Wayß

[1]) Deutsche Bauzeitung. Jahrg. 1901.



Abb. 96.

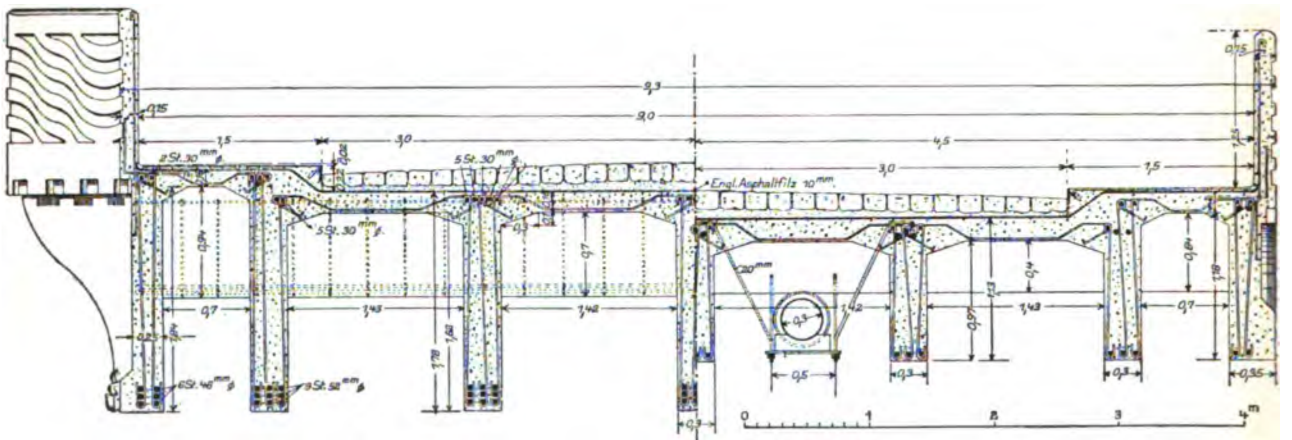


Abb. 97.

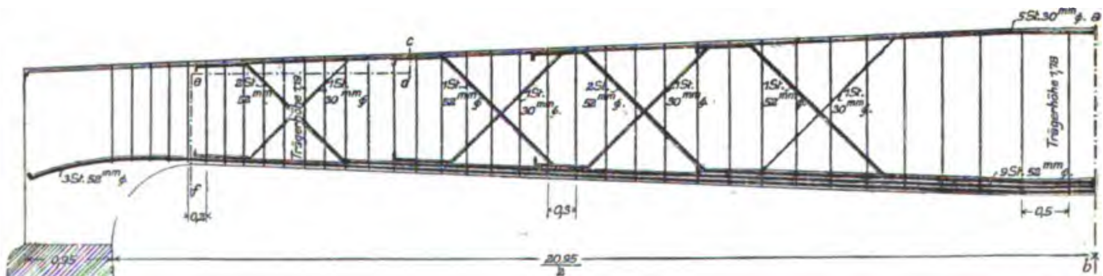


Abb. 98.

Abb. 96—98. Nonnenbrücke in Bamberg, System Luitpold (ausgeführt durch die Firma Dickerhoff & Widmann).

fanden schon vielfach zur Herstellung von Brücken Verwendung. Die einzelnen Anordnungen entsprechen dem vorn Gesagten und werden im folgenden noch besonders erläutert.

Abb. 94 und 95 zeigen Einzelheiten der Träger und Plattenarmierung einer 9,0 m weit gespannten Straßenüberführung bei Ulm. Die Hauptträger sind hier über der Brückentafel angeordnet und erhielten bei Berücksichtigung einer gleichmäßig verteilten Belastung von 450 kg/qm und einer Wagenlast von 6 t eine Höhe von 1,30 m. Naturgemäß kommt in diesem Falle eine Mitwirkung der Platte nicht in Frage. Die Platte selbst wird durch 4,50 m weit gespannte Nebenträger aufgenommen, welche die Belastungen auf die beiden Hauptbalken übertragen.

Besondere Bedeutung im Brückenbau erlangten in neuester Zeit auch die Plattenbalken nach System Luitpold. Die Anordnung der Einlagen geschieht hier ähnlich wie beim System Wayß. So zeigen Abb. 96—98[1]) Ansicht, Querschnitt und Längsschnitt der sog. Nonnenbrücke in Bamberg, die nach dem genannten System im Winter 1903/1904 durch die Firma Dickerhoff und Widmann ausgeführt wurde. Die Brückentafel der Fahrbahn und Fußwege wird durch 7 Plattenbalken gebildet, die an ihrer Oberfläche einen Zementmörtelüberzug und eine 10 mm starke Asphaltfilzschicht als Abdichtung

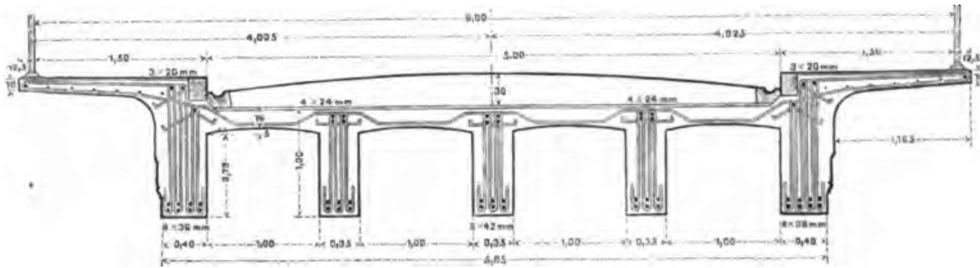


Abb. 99. Querschnitt durch die Mittelöffnung der Brenzbrücke in Heidenheim.

erhielten. Bei einer Belastungsannahme von Menschengedränge mit 360 kg pro qm und einer 18 t schweren Dampfwalze wurde die zulässige Spannung im Eisen mit 1000 kg pro qcm, diejenige im Beton mit 35 kg pro qcm angenommen. Als Betonmischung ist 1 Teil Zement mit 2 Teilen Mainsand und 3 Teile Basaltgrus von 5—22 mm Korngröße gewählt. Die Plattenbalken sind als Träger auf 2 Stützen ohne Rücksicht auf etwaige Einspannung berechnet. Bezügl. der Abmessungen und Einlagen vergl. Abb. 97. Die Befestigung der Fahrbahn ist durch Granitpflaster mit Pechausguß hergestellt, während bei den Fußwegen auf die Asphaltfilzabdeckung eine 3 cm starke Eisenbetonplatte gebracht wurde. Die Letztere besteht aus einer $1^1/_2$ cm starken Betonschicht 1:3. Auf diese wurde ein Drahtnetz von 4 mm starken Rundeisen mit 12 cm Maschenweite verlegt und darüber ein 1 cm starker Kiesmörtelüberzug aus 1 Teil Zement, $^1/_4$ Teil Sand und 1 Teil bis 8 mm großen Kiessteinen mit $^1/_3$ Sandgehalt gebracht. Alle 2,0 m sind in diesem Überzug Trennungsfugen vorgesehen. Die Außenflächen der Hauptträger und des Geländers sind mit einer Betonmischung von 1 Teil Zement und 3 Teilen Dolomitgrus verkleidet und gestockt.

Eine andere Ausführung dieses Systems ist die Brenzbrücke in Heidenheim (W). Dieses Bauwerk besitzt zwei Seitenöffnungen mit je 7,50 m Spannweite und eine Mittelöffnung von 14 m. Abb. 99[2]) zeigt einen Querschnitt des Mittelfeldes

1) Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1905.
2) Christophe, Der Eisenbeton.

und läßt die Anordnung der Einlagen und des Oberbaues deutlich erkennen. Für die Berechnung wurde eine 16 t schwere Dampfwalze und gleichmäßige Belastung mit 500 kg pro qm zugrunde gelegt.

Mit Rücksicht auf die Eigenart ihrer Armierung soll endlich noch ein weiteres Beispiel dieser Art kurz besprochen werden. Es betrifft dies die sog. Steinbecker Tor-Brücke in Greifswald. Dieses Bauwerk wurde im Herbst 1903 durch die Grabower Zementsteinfabrik „Komet“ in Stettin hergestellt, und besteht aus einer wagerechten, durch Rippen verstärkten, beiderseits eingespannten Fahrbahntafel von 9 m Spannweite. Die Platte ist 25 cm stark, während die Abmessungen der Rippen 25/50 cm betragen. Als Betonmischung wurde ein Teil Sternzement mit fünf Teilen reinem Kies

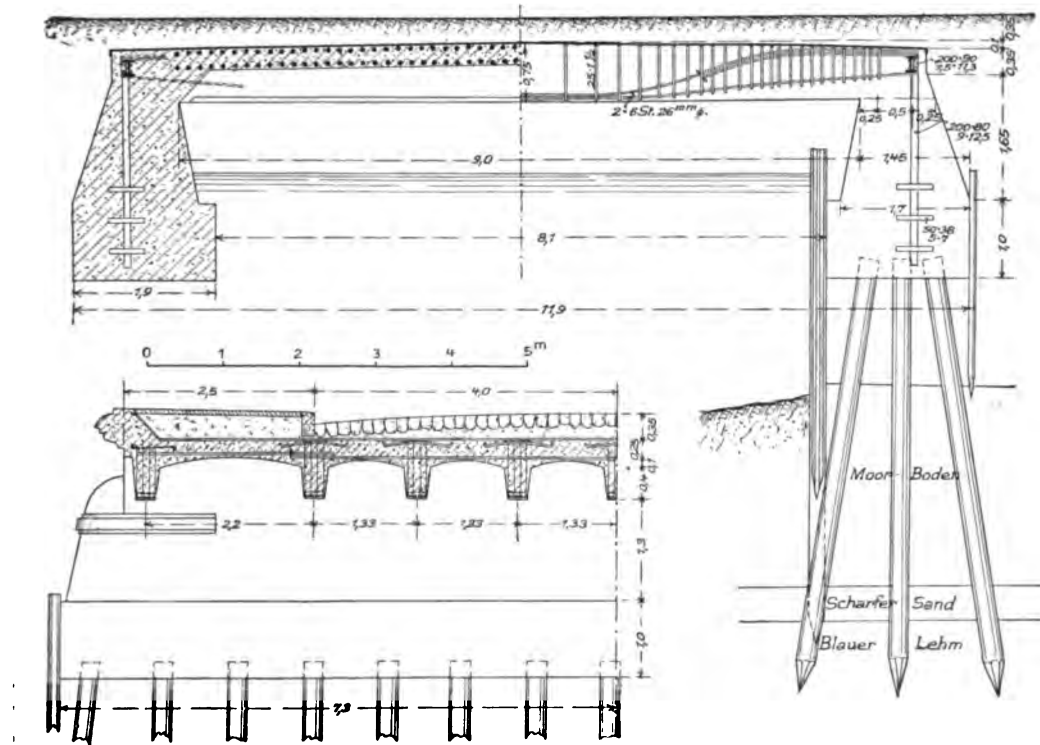


Abb. 100 und 101. Steinbecker-Tor-Brücke in Greifswald.

verwandt. Bei Belastung durch eine 21 t schwere Dampfpflug-Lokomotive betragen die max.-Spannungen im Eisen 975 kg pro qcm, im Beton $29\frac{1}{2}$ kg pro qcm. Abb. 100 und 101 [1]) lassen die Anordnungen der Einlagen erkennen. Besonders beachtenswert erscheint hierbei die Art der Armierung, durch welche die Einspannung an den Auflagern herbeigeführt ist. Das genannte Bauwerk hatte am 31. Dezember 1904 einer gewaltigen Sturmflut standzuhalten und hat gezeigt, daß derartige Konstruktionen bezüglich ihrer Standfestigkeit selbst ganz außerordentlichen Anforderungen genügen.

System Möller. Eine besondere Art von Balkenbrücken stellen die sog. Möllerträger dar. Die Eigenart dieses Systems wurde bereits unter B ausführlich besprochen und soll hier nur die ziemlich mannigfache Anwendung im Brückenbau kurz gestreift werden. Für Brücken wird hierbei der Oberbau in der Regel durch eine Platte gebildet, die in höchstens 1,50 m Abstand durch Rippen verstärkt ist. Als Betonmischung ver-

[1]) Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1905.

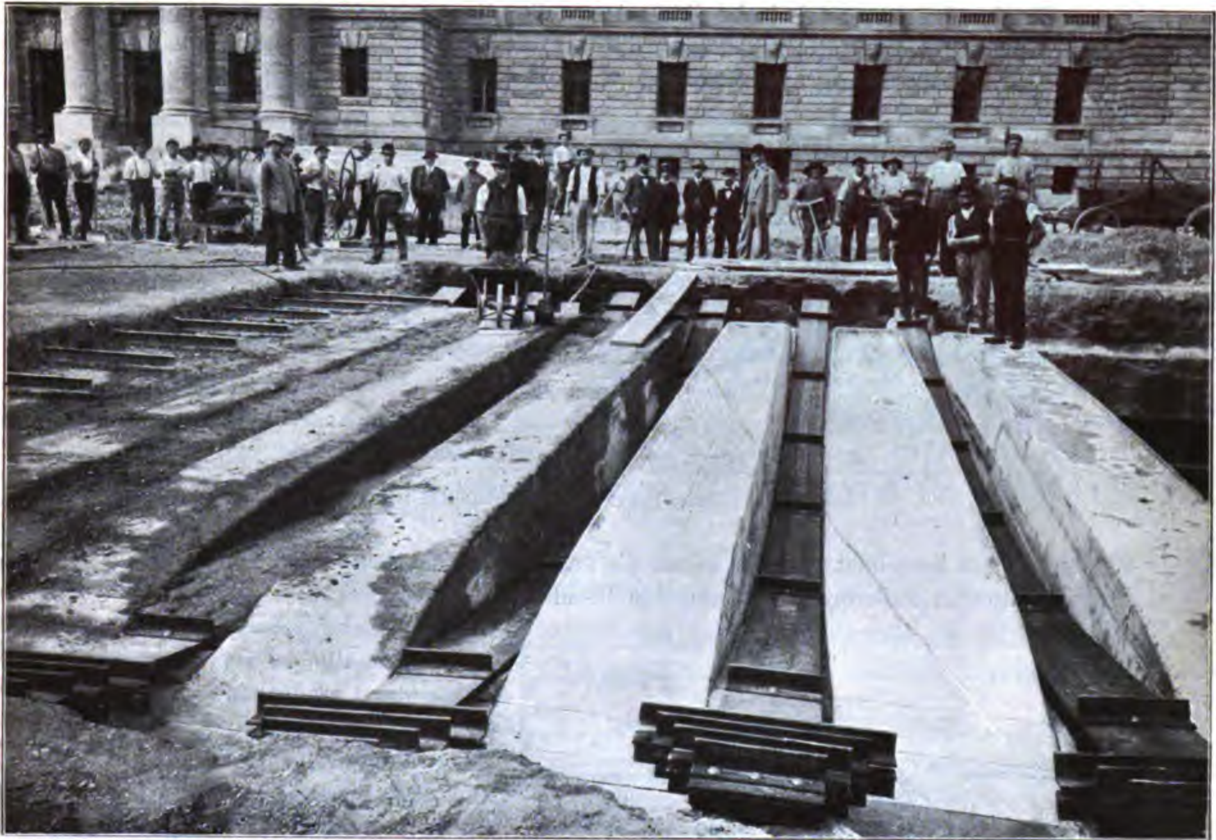


Abb. 102.
Vor der Betonierung.

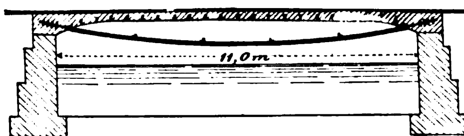
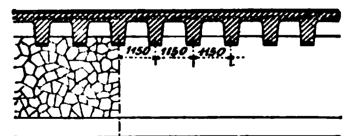


Abb. 103. Längenschnitt.



Querschnitt.

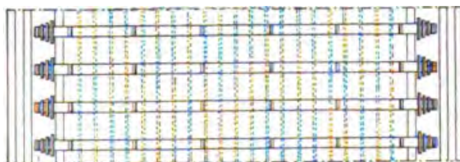


Abb. 104. Grundriß.

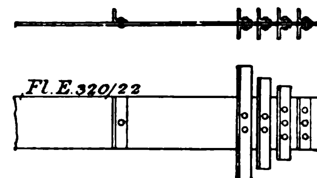


Abb. 105.

Abb. 102—105. Überdeckung der Pleiße in Leipzig (ausgeführt von Wolle-Leipzig).

wendet man gewöhnlich einen Teil Zement mit 2,5 Teilen Sand und 3,5 Teilen Kies oder Kleinschlag.

Ein beachtenswertes Beispiel dieser Art stellte die 1903 auf der Deutschen Städteausstellung in Dresden durch die Firma R. Wolle-Leipzig ausgeführte Fußgängerbrücke von 14 m Spannweite dar. Dieselbe war für Belastungen durch Menschengedränge mit

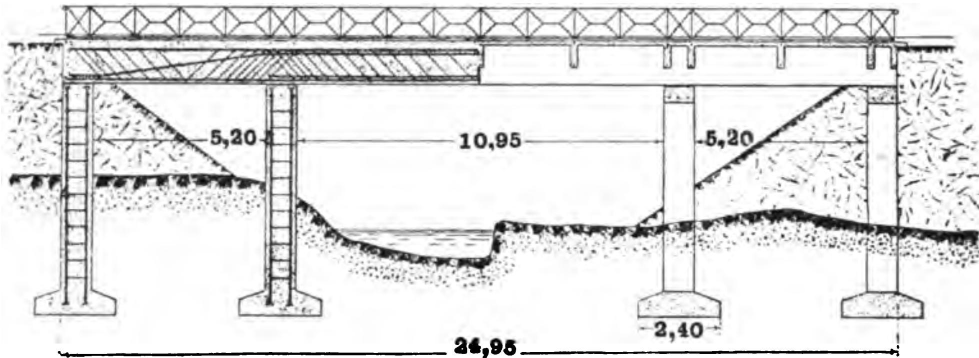


Abb. 106. Quisa-Brücke im Brembanatal (It).

400 kg pro qm berechnet, und es haben die nach Schluß der Ausstellung vorgenommenen Bruchbelastungen außerordentlich günstige Resultate ergeben.

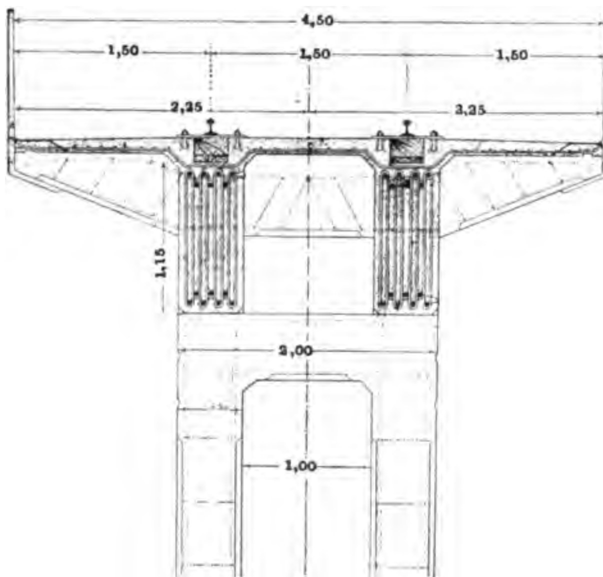


Abb. 107. Querschnitt durch das Mittelfeld.

Ein weiteres Beispiel zeigen die Abb. 102—105[1]). Sie veranschaulichen die Überdeckung der Pleiße vor dem Reichsgericht in Leipzig. Die Spannweite beträgt 11—14½ m. Die Überdeckung erfolgte auf eine Länge von mehr als 400 m. Die Plattenstärke beträgt 25 cm und die Höhe der Rippen bei 1,15 m Abstand und 11 m Spannweite 75 cm. Unmittelbar auf die Platte wurde als Fahrbahn bezw. Fußwegbefestigung eine 5 cm starke Stampfasphaltschicht gebracht.

Neben vielen ähnlichen Ausführungen dieser Art scheint eine Straßenbrücke über die Elster in Plauen i. V. noch besonders beachtenswert. Hier ist eine Spannweite von 15 m vorhanden. Die Rippen der Fahrbahn liegen in 0,82 m Abstand und besitzen in der Mitte eine größte Höhe von 0,97 m. Die Eiseneinlagen bestehen aus zwei Flacheisen 320/23 mm, die an den Enden durch 100.100.15 mm starke L verankert sind. Die Platte ist 35 cm stark und erleidet bei ungünstigster Belastung Spannungen bis 42 kg pro qcm. Als Betonmischung wurde die gewöhnliche 1 : 2,5 : 3,5 verwandt. Die Flacheisen im Untergurt sind nicht besonders eingestampft, sondern nur mit einer 2 cm starken Putzschicht

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

in Mischung 1 : 2 bedeckt. Gegenwärtig finden die Möllerträger auch bei Überführung der Staatsstrasse über das 42,00 m breite Überfallwehr der im Bau befindlichen Geigenbachtalsperre bei Plauen i. Vogtl. weitgehendste Verwendung.

Eine weitere besondere Art von Balkenbrücken zeigen die Abb. 106 und 107 [1]). Sie stellen die sog. Quisa-Brücke im Brembanatal (Oberitalien) dar, die zur Überführung einer Straßenbahn dient. Die Brücke wird durch vier Joche gestützt, die aus je zwei 6,90 m hohen, 0,90 . 0,50 m starken Pfeilern und einem 2 m langen Jochhaupte bestehen. Die Fahrbahn wird durch zwei Eisenbetonbalken von 1,15 . 0,50 m Querschnitt getragen. Als Armierung sind in der Druck- und Zugzone je vier Stück 38 mm starke Rundeisen vorgesehen, die sich über die ganze Balkenlänge erstrecken. Außerdem sind im Mittelfeld noch je drei Stäbe in der Zugzone verlegt. Die Bügel sind in schräger Richtung eingelegt und werden durch Bandeisen gebildet. Die aus Abb. 107 ersichtlichen Auskragungen werden durch 65 cm hohe, nach beiden Enden schräg zulaufende Konsolen von 10 cm Breite getragen. Die Armierung derselben ist durch je einen zurücklaufenden Rundeisenstab geschaffen, dessen gegenüberliegende Teile durch Drahtschlingen verbunden sind. Die Fahrbahn wird durch eine in der Mitte 15 cm starke Betonplatte gebildet, die mit 8 mm starken Rundeisenstäben armiert ist. Der Abstand der Tragstäbe und der Verteilungsstäbe wurde zu 10 cm angenommen.

Widerlager.

Die Widerlager der Balkenbrücken erhalten durch den Überbau nur lotrechte Belastungen und werden meist von Beton oder gewöhnlichem Mauerwerk hergestellt. In



Abb. 108. Brückenwiderlager in Eisenbeton.

einigen Fällen kam jedoch auch hier Eisenbeton zur Verwendung und zwar in Form von runden Pfeilern, die nach Art der unter C besprochenen Senkbrunnen ausgeführt wurden. Bei andern Brückenbauten verwandte man gewöhnliche Säulen, die ihrerseits

[1]) Zement und Beton, IV. Jahrgang.

durch eingerammte Pfähle getragen werden. Die Armierung derselben entspricht genau derjenigen für Säulen. In neuester Zeit hat man Eisenbetonwiderlager auch in der für gewöhnliches Mauerwerk gebräuchlichen Form angewandt. So zeigt Abb. 108[1]) die Eisenbetonwiderlager für eine Eisenbahnbrücke der Illinois Termenialbahn. Die beiden Widerlager stehen 18 m voneinander und werden in diesem Fall durch 2,10 m hohe Blechträger (Überbau) verbunden. Die Höhe der Widerlager beträgt 14 m, ihre Länge einschließlich der damit verbundenen Flügelmauern rund 36,5 m. Die Vorderseite ist 1 : 24 geböscht, während der Rücken bei einer oberen Breite von 40 cm senkrecht geht. Jedes Widerlager ruht auf einer 75 cm starken, durch gitterförmig verlegte Stäbe, armierten Grundplatte, die nach rückwärts so verbreitert ist, daß die 4 schrägen 60 cm starken Stützen, die 1 : 4 geböscht sind, noch Auflager finden. Letztere sind parallel mit der geböschten Fläche durch je 22 Stück 32 mm starke Stäbe armiert. Von diesen reichen 13 Stück bis zu 4,8 m, 6 Stück bis zu 7,8 m Höhe und die übrigen bis zur Mauerkrone. Für die Verstärkung der Flügel sind ähnliche 45 cm starke Strebepfeiler in Abständen von 2,20 m vorgesehen. Das gesamte Bauwerk, d. h. jedes Widerlager für sich, wird durch einen Pfahlrost getragen, dessen Pfähle unter der Stirnwand und unter jedem Strebepfeiler angeordnet sind. Die Untersuchung derartiger Widerlager hat nach denselben Regeln zu erfolgen, wie diejenige für gewöhnliche Bauweisen. Zweckmäßig wird man hierbei denjenigen Erdkörper, der durch die Grundplatte aufgenommen wird, als Eigengewicht für die Mauer bezw. das Widerlager mit in Rechnung setzen.

Gewölbte Brücken und Durchlässe.

Alle älteren und wohl die meisten Wölbbrücken in Eisenbeton überhaupt sind nach dem Moniersystem ausgeführt. Die Anordnung der Einlagen geschieht hier genau wie unter B ausführlich beschrieben.

Durchlässe.

Als einfachste Art sollen auch hier zuerst die Durchlässe kurz behandelt werden. Haben dieselben eine geringe Weite und ist außerdem noch genügend Überschüttung vorhanden, so gibt man hierbei den Moniergewölben gewöhnlich die Form eines Korbbogens, der sich einer halben Ellipse nähert. Diese Form ist als besonders zweckmäßig zu bezeichnen, da sich die Drucklinie, welche durch die bleibende Belastung (Überschüttung) entsteht, nahezu mit derselben deckt. Es wird demzufolge bei ungünstigster Verkehrsbelastung die geringste Abweichung zu erwarten sein.

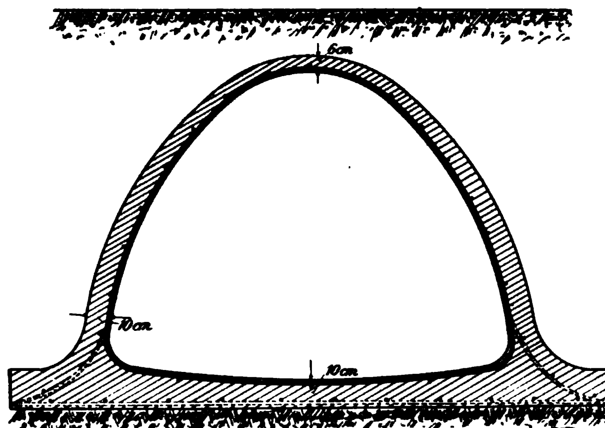


Abb. 109. Wölbschleuse nach System Monier.

Für größere Durchlässe und Brücken empfiehlt es sich, trotzdem eine besondere Untersuchung vorzunehmen, da gerade bei Eisenbetongewölben erste Bedingung ist, daß die Form derselben möglichst genau der Stützlinie angepaßt wird. In solchen Fällen ist es zweckmäßig, wenn für diese Untersuchung das

[1]) Zement und Beton, IV. Jahrgang, Heft 17.

Gewölbe durch Überschüttung und die sogenannte Normalbelastung (d. h. diejenige, die gleichmäßig über das ganze Gewölbe verteilt, die Hälfte der größten Verkehrsbelastung darstellt) belastet wird.

Bei kleineren Durchlässen lagert das Gewölbe direkt auf der Gründung und wird durch eine durchgehende Bettngu verbunden. Die Eiseneinlage wird hierbei um das ganze Bauwerk herumgeführt (Abb. 109) und an den Kämpfern, nach Bedarf auch im Gewölbe wegen Auftreten der Dehnungsbeanspruchungen, verdoppelt. Je nach Beschaffenheit des Baugrundes wird die Bettung oder die Gründungssohle entweder direkt auf den Boden oder auf eine mehr oder weniger starke Sand- oder Betonschicht gelagert.

Brücken.

Die außerordentliche Verbreitung, welche die Wölbbrücken nach Monierart in der neuesten Zeit gefunden haben, ist in der Hauptsache das Verdienst der Berliner



Abb. 110. Isarbrücke bei Grünwald. (Wayß & Freytag.)

Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monier-Bau und der Firma Wayß und Freytag. Als größtes Bauwerk dieser Art ist wohl die von der zuletzt genannten Firma erbaute Brücke über die Isar bei Grünwald zu bezeichnen. Sie besteht aus 2 Bogen von je 70 m Lichtweite. Die Bogen sind mit je 3 Gelenken versehen und konnten wegen des leichten Überbaues (Abb. 110) sehr schwach gehalten werden. Sie haben 80 cm Scheitelstärke, 90 cm Kämpferstärke und 1,20 m in der Bruchfuge. Als Betonmischung wurde 1 Teil Zement, 4 Teile Isarkies und 2 Teile Isarsand verwandt. Für die Erbauung der 220 m langen und 8 m breiten Brücke war nur ein Jahr erforderlich.

Als Besonderheit ist eine Fußgängerbrücke auf der Ausstellung in Bremen zu erwähnen. Dieselbe hatte bei $4^1/_2$ m Pfeilhöhe eine Spannweite von 40 m, die Scheitelstärke betrug 25 cm. Als Belastung waren 1000 kg/qm berücksichtigt und zwar ohne jede Überschüttung, da der Bogen direkt begangen wurde. Die Herstellung dieses Bauwerkes geschah in 36 Stunden.

Außerordentlich geringe Stärken besitzt eine Straßenbrücke für die Pulverfabrik in Ingolstadt (Abb. 111). Das 15,50 m weit gespannte Gewölbe hat eine Scheitelstärke



Abb. 111. Straßenbrücke in Ingolstadt. (Wayß & Freytag).

von 7 cm. Auf diesen sind in gewissen Abständen 7 cm starke Eisenbetonwände angeordnet, welche die 7 cm starke Fahrbahntafel tragen.

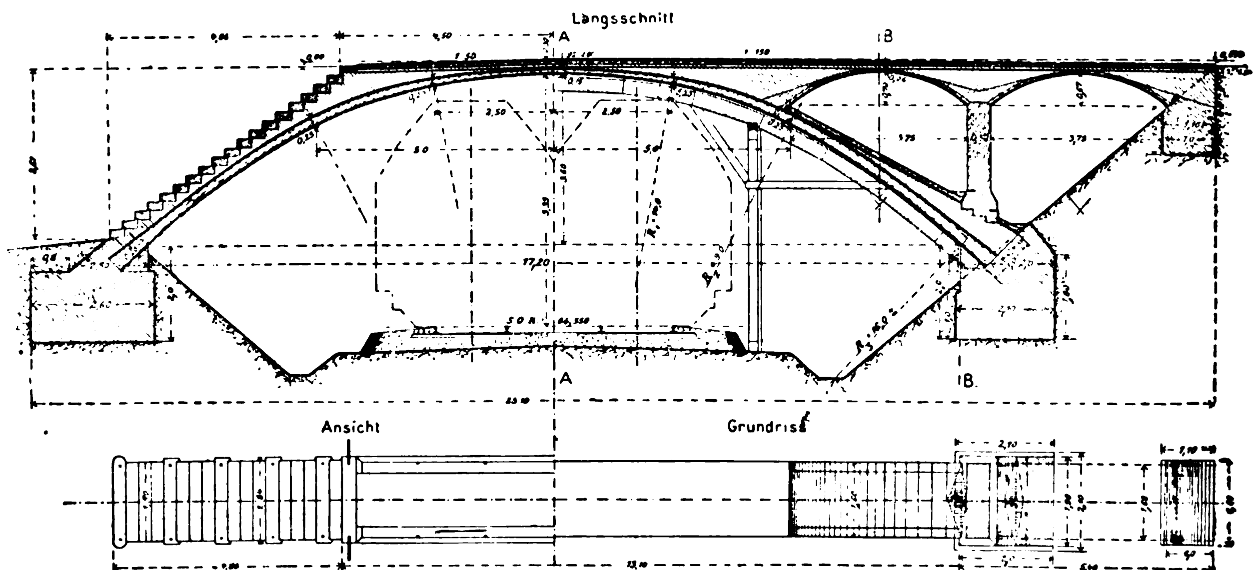


Abb. 112 und 113. Fußwegüberführung auf der Eisenbahnlinie Koblenz-Trier.

Einen sehr gefälligen Eindruck macht auch die in den Abb. 112 und 113[1]) dargestellte Fußwegüberführung der Eisenbahnlinie Trier-Koblenz, die 1900—1901 durch die

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

Firma Helff-Heinemann-Köln ausgeführt wurde. Die Pfeilhöhe dieses Gewölbes beträgt 3,60 m bei 17,60 m Spannweite. Die Scheitelstärke ist 15 cm, die größte Stärke überhaupt 25 cm. Für die Untersuchung wurde eine nach den Verhältnissen gegebene unsymmetrische Belastung von 400 kg pro qm angenommen. Als Eiseneinlage sind 13 mm

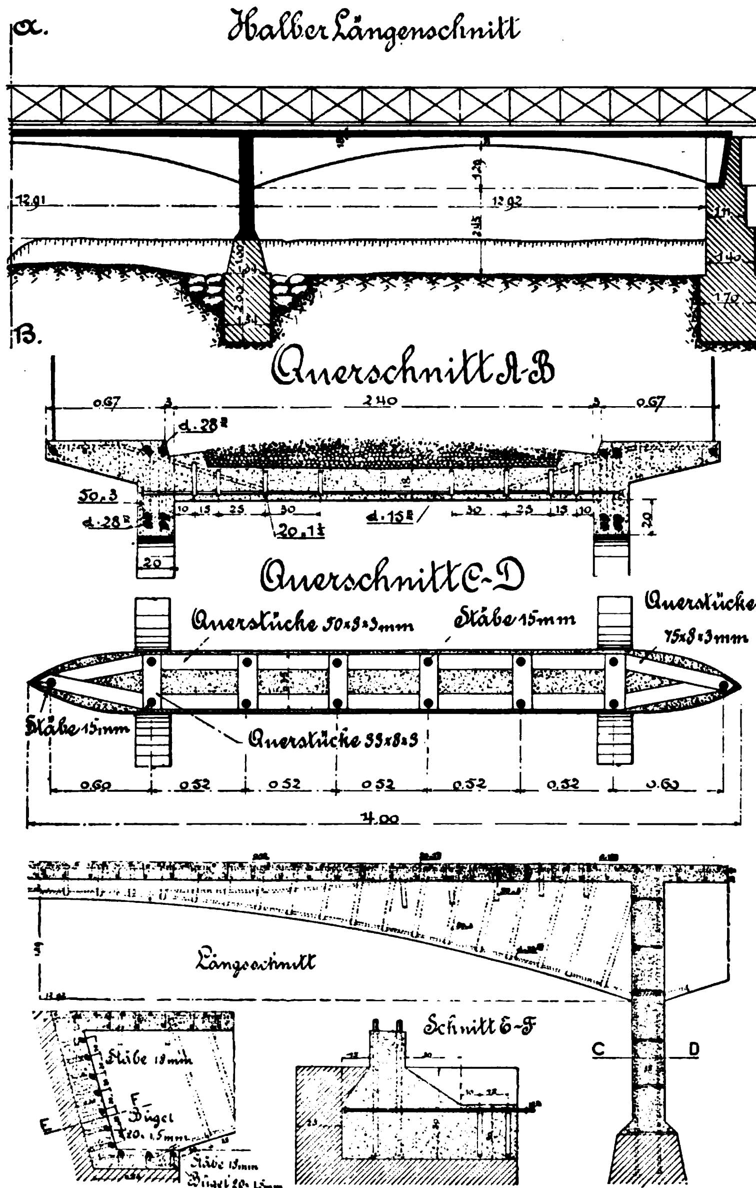


Abb. 114—119. Straßenbrücke in den Pyrenäen. (System Hennebique.)

starke Stäbe in Abständen von 10 cm verwandt. Die Spannung derselben beträgt 930 kg/qcm. Als Betonmischung für das Gewölbe wurde 1 Teil Zement mit 3 Teilen reinem Sand gewählt. Die größten Druckspannungen für diesen sind zu 54 kg pro qcm ermittelt. Zur Abdichtung sind Asphaltplatten verwandt, während die Brückenbahn selbst durch Kleinpflaster in Asphalt hergestellt wurde. Es dürfte interessieren, daß die Baukosten ausschl. der Materialanfuhrkosten nur 4300 Mk. betrugen.

Die Gewölbearmierung nach System Hennebique unterscheidet sich von der obigen nur durch Verwendung von Bügeln. Diese gehen radial zur Gewölbelaibung und sollen die auf Abscherung wirkenden Querkräfte aufnehmen. Die Anordnung dieser Bügel erfolgt im wesentlichen nach denselben Regeln wie bei den Platten dieses Systems. Als weitere Eigenart ist es zu bezeichnen, daß Hennebique in einzelnen Fällen sog. Rippengewölbe konstruiert. Hierbei werden die Hauptspannungen durch einige den Plattenbalken entsprechende Rippen aufgenommen, während die Zwischenfelder nur durch dünne Platten überdeckt werden. Die Ausführungsart findet meist bei Brücken mit geringer Spannweite und kleinem Stich Anwendung. Die Platte ist hierbei eben und wird in Abständen von 1,50—3,00 m durch die bogenförmigen Rippen getragen. Abb. 114 bis 119[1]) zeigen eine Ausführung dieser Art, wie sie als Straßenbrücke in den Hochpyrenäen Verwendung fand. Das Bauwerk besteht aus 3 Bogen mit je 12,92 m Spannweite und $^1/_{10}$ Stich. Die Einlageform der Platte und der Rippen ist aus den Abb. 115 und 117 ersichtlich. Für die Pfeilerfundamente wurde gewöhnliches Mauerwerk verwandt, während die Pfeiler selbst von Eisenbeton hergestellt sind. Eine ähnliche

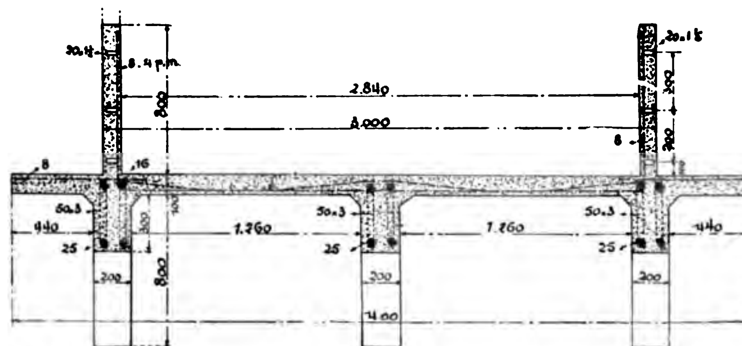


Abb. 120. Querschnitt einer Wasserleitungsbrücke. (System Hennebique.)

Anwendung stellt die Wasserleitungsbrücke über die Suze in der Schweiz dar. Abb. 120[2]) zeigt den Querschnitt derselben und läßt auch die Anordnung der Einlagen in den seitlichen Wandungen des Kanales deutlich erkennen. Der Kanal selbst wird durch 3 Bogen mit 50 cm Pfeilhöhe getragen. Die Einlage derselben besteht aus je 2 Stäben an der Laibung und dem Rücken.

Bei großen Spannweiten und genügender Pfeilhöhe wird die Platte oftmals auch mitgebogen und es erfolgt die Unterstützung der Fahrbahn durch einfache Stützen. Eine Ausführung in kleinerem Maßstabe zeigt die in Abb. 121[3]) dargestellte 2 m breite Fußgängerbrücke. Das Gewölbe besitzt 15 m Spannweite und besteht aus 2 Rippen, die an den Kämpfern $^{30}/_{30}$ cm und im Scheitel $^{20}/_{20}$ cm Querschnitt haben. Die Entfernung dieser Bögen voneinander beträgt 1,64 m. Als Querversteifung sind in Abständen von 1,60 m $^{20}/_{20}$ cm starke Querträger vorgesehen. Die Brückentafel wird durch eine 12 cm starke Platte gebildet, die durch 2 $^{20}/_{20}$ cm starke Träger, die ihrerseits durch $^{20}/_{20}$ cm starke Pfeiler getragen werden, gestützt ist. Die Widerlager der Rippen sind durch mageren Beton hergestellt und direkt an den Einschnittsböschungen gestützt.

Auch die Melan-Bauweise, deren Eigenart bereits unter B besprochen wurde, ist für Brückenbauten schon vielfach mit Vorteil verwandt worden. Neben Österreich

---

1) Christophe, Der Eisenbeton.

2) und 3) Christophe, Der Eisenbeton.

sind es hier besonders die Vereinigten Staaten, welche das System zu seiner heutigen Bedeutung für den Brückenbau herausbildeten. Die Eiseneinlage ist dabei wesentlich größer als beim Monier-System, dagegen aber der Beton meist magerer. Als übliche Mischung ist 1 Teil Zement mit 2 Teilen Sand und 4 Teilen Kleinschlag oder Kies zu bezeichnen. Abb. 122 und 123[1]) zeigen eine 10 m weitgespannte Brücke

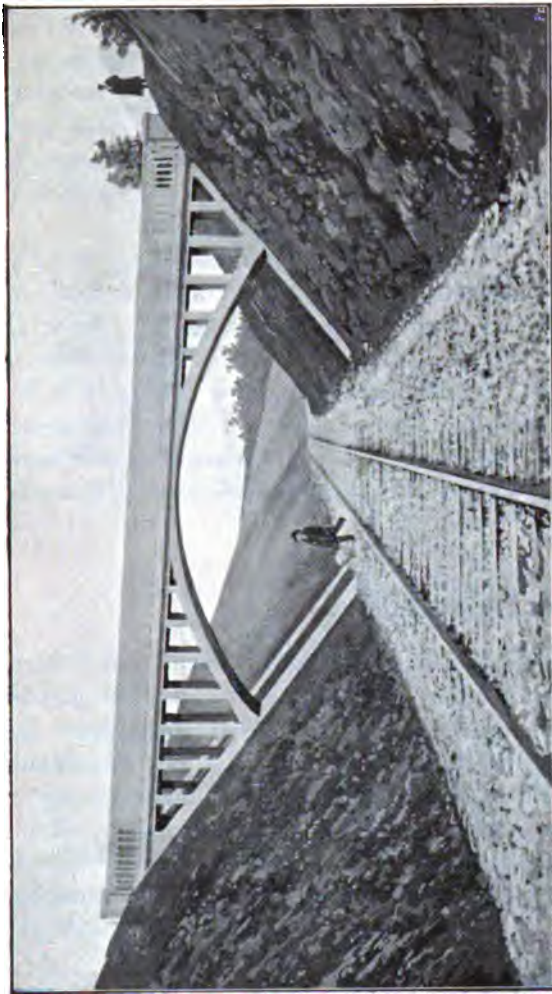


Abb. 121. Straßenüberführung mit Rippengewölbe.

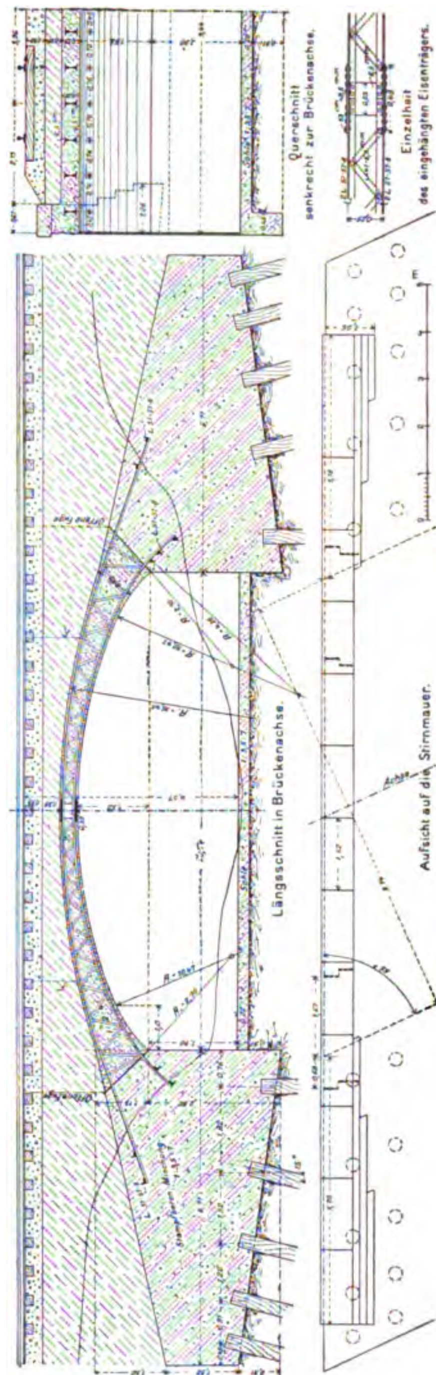


Abb. 122 und 123. Eisenbahnbrücke nach System Melan.

dieser Bauweise für eine Eisenbahn. Die Einlagen sind hierbei als Gitterträger ausgebildet und in 70 cm Abstand vorgesehen.

Als bedeutendstes Bauwerk dieser Art ist die Brücke bei Steyer (Österreich) zu bezeichnen. Diese als 3 Gelenkbogen ausgebildete Konstruktion besizt bei 42,40 m Spannweite einen Stich von 2,62 m, also gerade $^1/_{16}$ der Spannweite. Die Wölbstärken betragen im Scheitel 60 cm, an den Kämpfern 70 cm und im Mittel

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

der halben Spannweite 80 cm. Die Einlage ist hier im wesentlichen nach den Regeln der reinen Eisenkonstruktionen als Gitterbogen mit entsprechenden Querverbänden hergestellt.

Eine ziemlich einfache Armierung läßt Abb. 124 erkennen. Sie stellt den Schnitt einer 11,16 m weitgespannten Straßenbrücke in Sankt Paul (Staat Minnesota) dar. Der im Scheitel 23 cm starke Bogen ist in Abständen von 96,5 cm durch I-Eisen von $12^1/_2$ cm Höhe und 23 cm Flanschbreite armiert. Diese Einlagen sind nach einem Krümmungshalbmesser von 10,96 m gebogen und in gewissen Abständen durch horizontal liegende Rundeisenstäbe verbunden. An den Widerlagern stützen sich die I-Eisen gegen ein 50 . 50 . 6 mm starkes Winkeleisen.

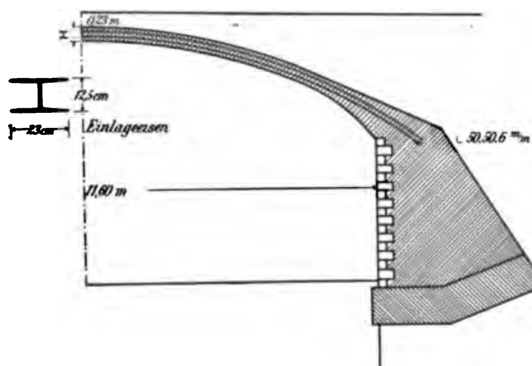


Abb. 124.

Außer den genannten finden zur Zeit noch eine große Anzahl anderer Systeme mehr oder weniger Anwendung. So u. a. diejenigen von Wünsch, Bonna usw.[1]). Es ist jedoch nicht der Zweck dieses Buches, alle Systeme bez. ihrer Einzelheiten zu behandeln, sondern es soll den Leser vor allem dazu führen, sich mit Berücksichtigung der allgemeinen Konstruktionsregeln und mit Beachtung der praktischen Beispiele eine eigene Anschauung betr. einer unter den gegebenen Verhältnissen gebotenen Konstruktionsweise zu bilden.

18. Stütz- und Ufermauern.

Obwohl die Verwendung von Eisenbeton auf diesem Gebiet zurzeit noch keinen so großen Umfang angenommen hat, wie es bei der Zweckmäßigkeit desselben gerade für derartige Bauwerke zu erwarten ist, soll dieses Gebiet doch etwas eingehender besprochen werden. Tatsächlich dürfte es ohne weiteres einleuchten, daß der Eisenbeton infolge seiner außerordentlichen Festigkeit, Haltbarkeit und Wetterbeständigkeit in erster Linie dazu geeignet ist, die großen Belastungen und die zerstörenden Einflüsse, denen Stütz- und Ufermauern mehr oder weniger ausgesetzt sind, aufzunehmen. Diese Vorteile wurden schon längst anerkannt, und es sind demzufolge auch verschiedentlich einzelne Bauwerke dieser Art in Eisenbeton ausgeführt, wenn auch lange nicht in dem Umfange, wie dies bez. der Brücken- und Behälterbauten etc. geschah.

Die gewöhnliche, früher besprochene Monierplatte findet auch hier verschiedentlich Anwendung und kann für sich allein oder auch in Verbindung mit besonderen Grundplatten und Strebepfeilern vorgesehen werden. Die Stärke der hierbei meist senkrechten oder wenig geneigten Platte hängt ebenso wie die Menge der Einlage von der Größe des Erd- oder Wasserdruckes ab. Die Armierung wird bei einseitiger Beanspruchung immer an die äußere Seite zu bringen sein. Bei Ufermauern, die meist durch Erddruck von der einen Seite und durch Wasserdruck von der anderen Seite beansprucht werden, wird sich vielfach die Anordnung einer doppelten Einlage not-

[1]) Siehe Christophe, Der Eisenbeton, oder Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

wendig machen, die dann zweckmäßig durch Bügel (vergl. Hennebique) zu verbinden ist.

Bei Verwendung von einfachen Platten ist mit besonderer Sorgfalt auf genügende Verankerung und Unterstützung zu achten. Diese kann in einfacher Weise durch Zuganker, welche durch dünne Monierplatten in gegenseitige Verbindung gebracht werden, geschehen. In anderen Fällen kann sich auch die Herstellung besonderer Beton- oder Mauerpfeiler notwendig machen, die durch ihr Gewicht und die dazwischen lagernde Erde die Zugkräfte aufnehmen.

In besonderem Maße eignen sich die Herstellungsarten für Quaimauern, die bisher durch hölzerne Bohlwerke gebildet wurden. Man wird hier die Holzpfähle bis zur Höhe

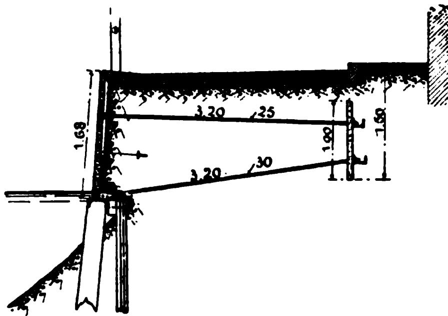


Abb. 125.

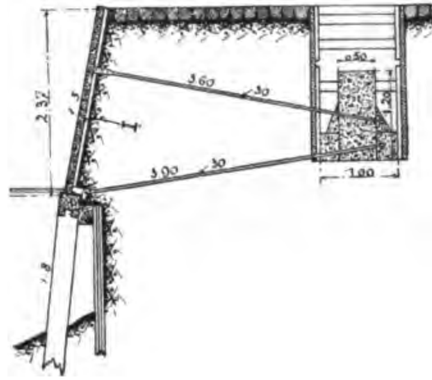


Abb. 126.

Abb. 125 und 126. Uferdeckungen mit Monierplatten.

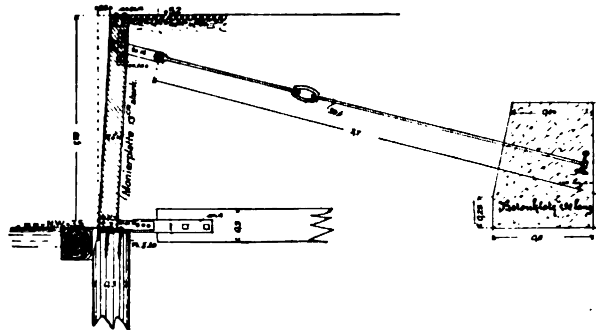


Abb. 127.

des niedrigsten Wasserstandes belassen und den oberen Teil, der dem Verfaulen besonders ausgesetzt ist, durch Monierplatten ersetzen. So wurden am Spreekanal die schadhaft gewordenen Bohlwerke ausgebessert, indem man die Pfähle bis zum kleinsten Wasserstand fortnahm und den unteren Teil der Spundwand mit einer Deckschwelle versah. Auf diese wurden in Abständen von 1,5—2,00 m senkrechte Pfosten aus schwachen ⊥- oder I-Eisen gebracht. Die 6—7,5 cm starken Monierplatten, welche 60—100 cm Höhe erhielten, wurden in diese Pfosten mit Zementmörtel versetzt. Die Verankerung derselben geschah in der aus Abb. 125 und 126[1]) ersichtlichen Weise. Alle durch Erde bedeckten Eisenteile sind zum Schutz gegen Rost mit Zementmörtelputz in Mischung 1 : 3 überzogen. Dasselbe geschah an der Wasserseite. Hier wurde außerdem nachträg-

[1]) Christophe, Der Eisenbeton.

lich noch die gesamte sichtbare Betonfläche mit Ölfarbe gestrichen. Diese 1890 hergestellten Stützwände haben sich bisher in vorteilhafter Weise bewährt.

Eine ähnliche Ausführung zeigt die Abb. 127 [1]). Hier wurde auf das in Niedrig-Wasserhöhe abgeschnittene hölzerne Bohlwerk ein ⊏-Eisen N. P. 16 verlegt und in diesem die Pfosten von I N. P. 16 in 1,57 m Abstand angeordnet. Letztere wurden am oberen Ende durch L-Eisen verbunden. Zwischen diese Pfosten sind 13 cm starke Monierplatten gebracht, die an Ort und Stelle zwischen Schalung hergestellt wurden. Als Armierung sind 10 mm starke Rundeisen verwandt, die wagrecht in 83 mm Abstand und senkrecht in 500 mm Abstand angeordnet sind. Als Belastung waren hierbei 5000 kg pro qm angenommen.

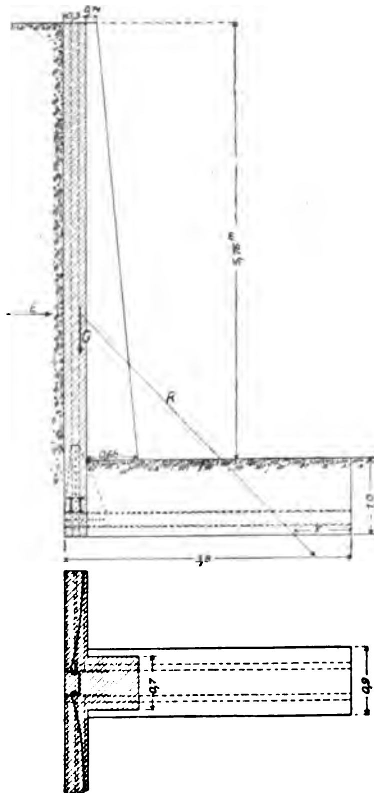


Abb. 128 und 129.

Sollen vollständige Bohlwerke in dieser einfachen Weise ausgeführt werden, so wird man zweckmäßig Spundbohlen und Bohlwerkspfähle in Eisenbeton herstellen (vergl. a) Hochbauten, Gründungen) und in der üblichen Weise durch Rammen einbringen.

Wo Stütz- oder Futtermauern ohne jede besondere Verankerung genügende Standsicherheit besitzen sollen, macht sich die Anwendung einer größeren Grundplatte und Verstärkungspfeiler notwendig. Ein Beispiel dieser Art zeigen die Abb. 128 und 129 [2]) in einer etwa 6,00 m hohen Stützmauer für ein Berliner Grundstück. Sie hat das anstoßende, höher liegende Grundstück abzustützen und besteht aus einer 30 cm starken Platte, die in Abständen von 3,20 m durch Pfeiler verstärkt wird. Die Armierung der letzteren besteht aus je einem ⊏-Eisen N. P. 30, während diejenige der Platte durch wagerecht liegende, gebogene Rundeisenstäbe gebildet wird. Als besonderer Vorteil dieser Anordnung ist hier die bedeutende Raumersparnis gegenüber einer gewöhnlichen Mauer beachtenswert.

Beim System Hennebique wird der Materialverbrauch geradezu bis auf ein Minimum beschränkt. Die Stütz- und Quaimauern dieser Art sind in der Hauptsache nach den früher bei Platten und Balken besprochenen Gesichtspunkten armiert und zeigen meist nur eine sehr geringe Stärke. Die eigentliche Böschungsmauer wird wie die Platten durch eine an der Innenseite befindliche Einlage aus geraden und gebogenen Stäben armiert und in gewissen Abständen durch Strebepfeiler verstärkt.

Eine nach den Regeln dieser Bauweise projektierte Ufermauer und Uferdeckung zeigen die Abb. 130—132. Die erstere soll die Herstellung einer Ladestraße ermöglichen und ist mit Berücksichtigung einer Verkehrsbelastung von 600 kg/qm berechnet. Da die Beanspruchung durch Erddruck und in gewissen Zeiträumen auch durch Wasserdruck erfolgen kann, sind doppelte Einlagen vorgesehen. Die in Abständen von 2,5 m vorhandenen Strebepfeiler sind durch 2 cm starke Rundeisen armiert, die unter sich durch Bügel verbunden sind. Die größte Pressung in der Bodenfuge tritt bei H.-Wasser

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

[2]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

auf und beträgt 2,4 kg/qcm. Die Stärke der Grundplatte und diejenige der Stützwand wurde unter Berücksichtigung vollständiger Einspannung $\left(M = \frac{p \cdot l^2}{24} \text{ bezw. } \frac{p \cdot l^2}{12}\right)$ bestimmt. Als größte zulässige Spannungen sind im Beton 30 kg/qcm, im Eisen 1200 kg/qcm eingeführt. Die Uferdeckung beginnt in N. W.-Höhe und wird durch eine mit der Stützmauer fest verbundene Platte mit einfacher Einlage gebildet. Als Verankerung der-

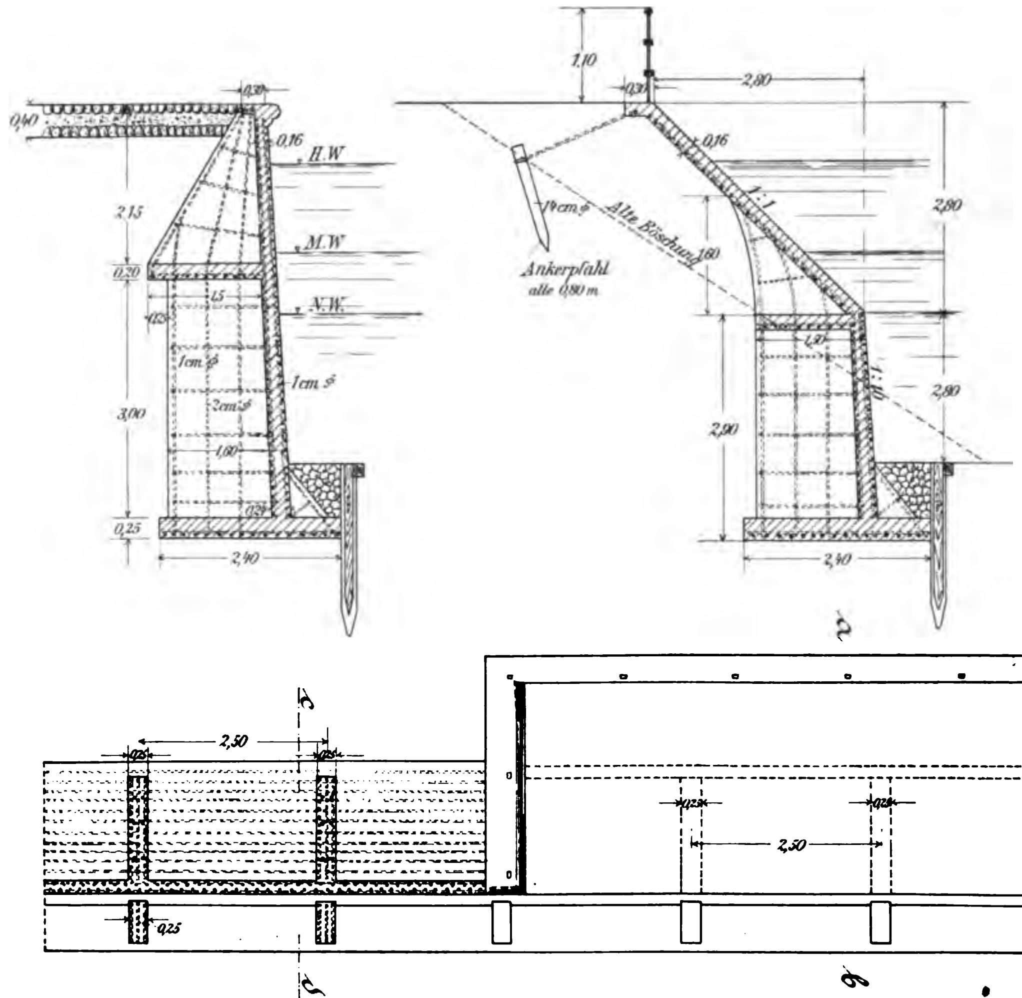


Abb. 130—132. Stützmauer und Uferdeckung in Eisenbeton.

selben sind in Abständen von 80 cm besondere Ankerpfähle, Abb. 131, vorgesehen. Außerdem ist bei der Ausführung derartiger Mauern auch auf Anordnung von senkrecht gerichteten Dehnungsfugen Rücksicht zu nehmen.

Auch für Quaimauern fand die Ausführungsweise nach dem Hennebique-System schon mehrfach Anwendung. Hier wird der nach Art der gewöhnlichen Stützmauern hergestellte obere Teil meist auf Pfähle und Spundwände aus Eisenbeton gelagert. Die Ausführungsweise geschieht also entsprechend derjenigen bei Verwendung von hölzernen Pfahlrosten mit Spundwandungen. Der obere Teil, welcher gewöhnlich auf einer, die einzelnen Pfähle verbindenden Eisenbetonplatte ruht, wird hierbei an Ort

und Stelle ausgeführt. Nach den Urteilen bewährter Fachleute wird jedoch empfohlen, diesen Teil nicht in der oben beschriebenen Weise, sondern in vollem Mauerwerk herzustellen.

Als ein Bauwerk von bedeutenden Abmessungen verdient noch die in Abb. 133[1]) dargestellte Stützmauer Erwähnung. Dieselbe hat eine Höhe von 11,6 m bis 12,8 m und soll den durch Schwimmsand und schlammigen Ton erzeugten gewaltigen Erddruck von den Umfassungsmauern eines sogenannten Wolkenkratzers in Milwaukee (Amerika) abhalten. Die eigentliche Wand ist am Fuß 60 cm, an der Krone 30 cm stark und wird

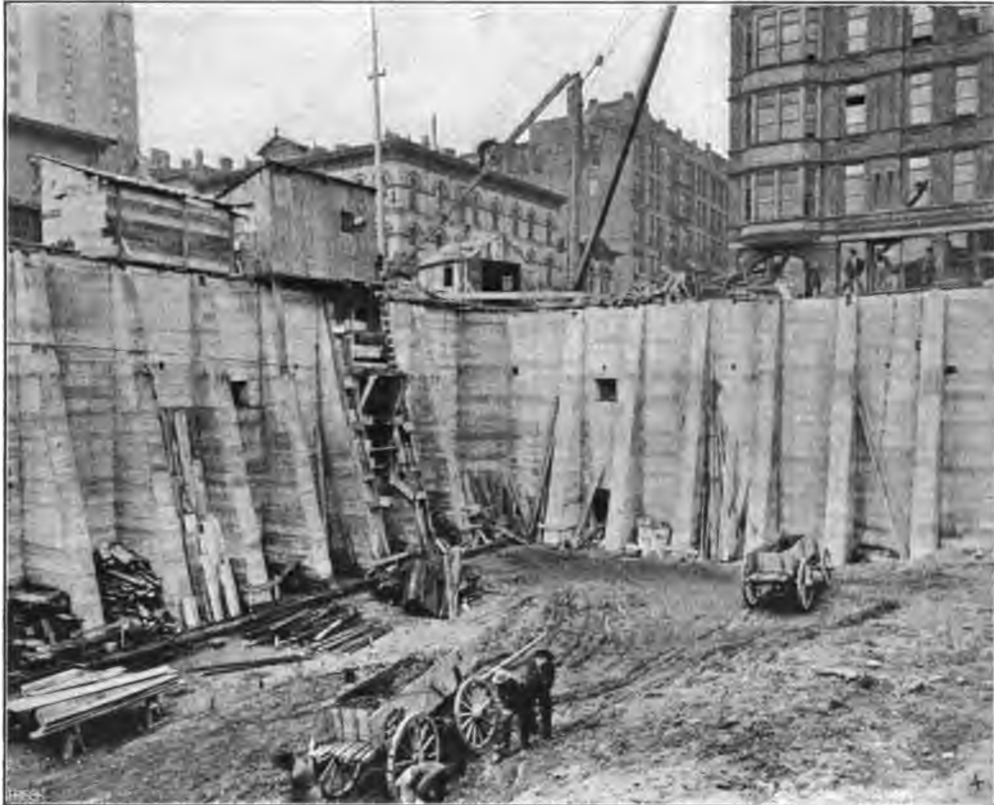


Abb. 133. Stützmauer für eine Gebäudegründung.

in Abständen von 1,60 m durch kräftige Strebepfeiler gestützt. Als Eiseneinlage sind die sogenannten Kahnschen Formstäbe verwandt. Dieselben bestehen aus einem über Eck gestellten Quadrateisen, an welches Querrippen angewalzt sind, die ihrerseits streckenweise aufgeschnitten und schräg nach oben gebogen sind.

Eine von der besprochenen etwas abweichende Anwendung bietet sich für den Eisenbeton bei der Ausführung von Sperrmauern. Hierbei wurde er bisher mit gutem Erfolg zur Abdichtung der inneren Fläche verwandt. Bei den Sperrmauern ist nämlich, wie allgemein bekannt sein dürfte, infolge des großen Druckes leicht ein Durchnässen resp. Durchsickern von Wasser möglich und damit die Gefahr einer Zerstörung vorhanden. Um dies zu vermeiden, werden bei vielen Talsperren besondere sog. Schilde

---

[1]) Zement und Beton, IV. Jahrg. Heft 18.

aus gewöhnlichem Mauerwerk hergestellt, die naturgemäß eine ziemliche Stärke erhalten müssen. Bei Verwendung von Eisenbeton genügt dafür eine dünne Platte von 10—15 cm. So wurde an einer Sperrmauer der Mouche, Abb. 134 und 135[1]) a und b, die das Wasser zur Speisung des Rhein-Marne-Kanals aufstaut, an der Wasserseite nachträglich ein 8 – 12 cm starker Eisenbetonschild angeordnet. Derselbe erhielt von der eigentlichen Mauer 10 cm Abstand und wurde alle 60 cm durch Rippen mit dieser verbunden. Als

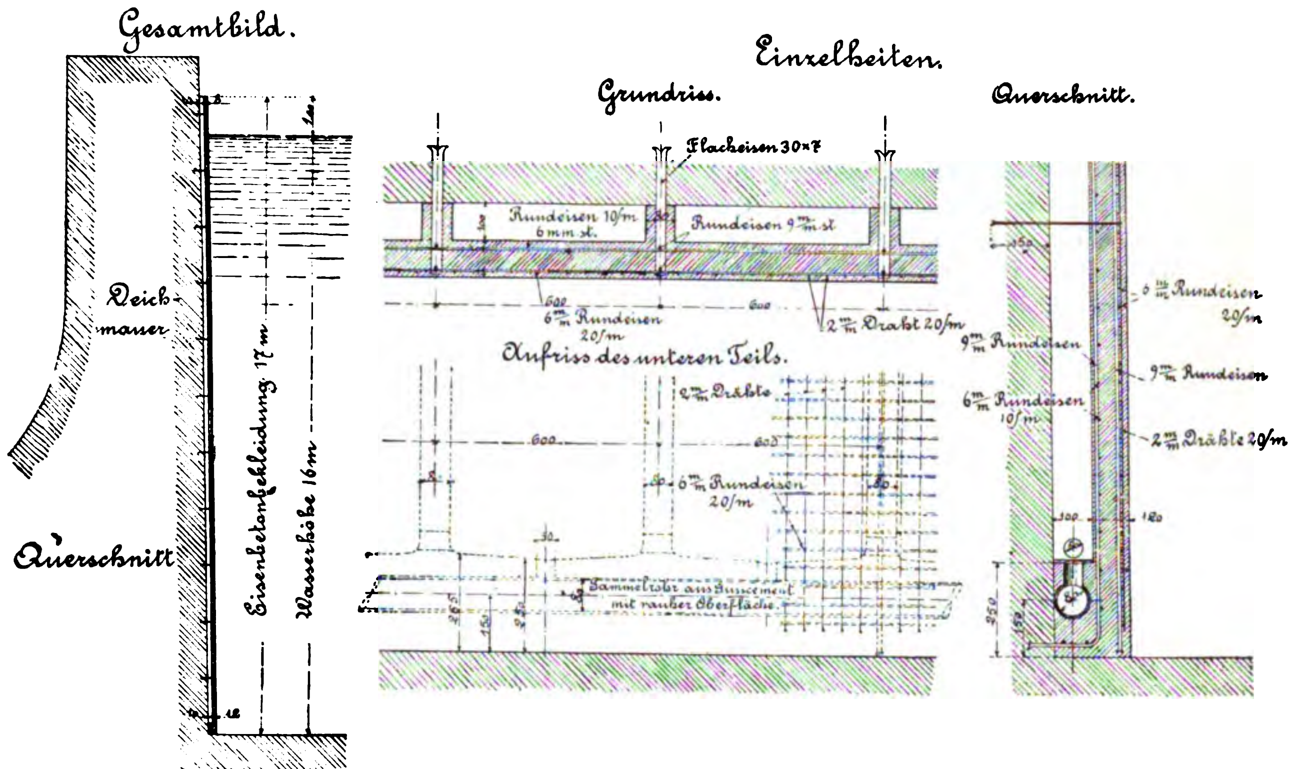


Abb. 134 und 135 (a und b). Schild für eine Talsperre in Eisenbeton.

Armierung sind 2 Netze gekreuzter Rundeisenstäbe vorgesehen. Für die Betonmischung ist auf 1 cbm Sand 600 kg Zement verwandt.

In neuester Zeit hat man auch den Bau ganzer Talsperren überhaupt in Eisenbeton vorgeschlagen. So wurde u. a. von amerikanischen Ingenieuren eine 27,40 m hohe Staumauer vollständig in Eisenbeton projektiert, die als größte Stärke nur 2,40 m zeigte. Die Wirkung derselben sollte hier als Gewölbe zur Geltung kommen. Infolge verschiedener Bedenken, die durch Fachleute gegen das Projekt geäußert wurden, gelangte dasselbe jedoch nur teilweise (bis zu 9,5 m Höhe) zur Ausführung.

19. Wehre.

Zur Errichtung von Wehren fand der Eisenbeton bisher nur vereinzelt Anwendung. Ein Beispiel dieser Art zeigt Abb. 136[2]), die den Querschnitt eines $36^1/_2$ m langen Wehrdammes veranschaulicht. Dieses in Theresia, N. Y., ausgeführte Wehr ist

---

1) Christophe, Der Eisenbeton.

2) Zement und Beton, II. Jahrg. Heft 8.

auf festem Fels gegründet und besitzt bei einer Sohlenbreite von 6,71 m eine Höhe von 3,5 m. Der Damm selbst wird durch eine 15 cm starke Eisenbetonplatte gebildet, die in Abständen von 1,83 m durch 30,5 cm starke Pfeiler unterstützt ist. Die Krone und der Fuß des Wehres werden durch kräftige Betonbalken gebildet. Als Armierung wurde Streckmetall und sogen. Thacher-Eisen von 20 mm Stärke verwandt. Mit Rücksicht auf den größeren Wasserdruck wurde die Entfernung der einzelnen Stäbe, die oben 28 cm beträgt, im unteren Teil auf 20 cm verringert. Die Pfeiler sind mit 90 cm langen und 32 mm dicken Bolzen im Felsen verankert und im Mischungsverhältnis 1 : 3 : 6 hergestellt. Für die Abdeckplatte wurde eine Mischung von 1 : 2 : 4 verwandt.

Eine hiervon abweichende Ausführung zeigt die Abb. 137 [1]) im Querschnitt. Hier ist der eigentliche Wehrkörper in eine durch Strebepfeiler verstärkte Mauer aufgelöst und nur an den besonders beanspruchten Stellen mit Einlagen versehen. Zur Verminderung des Druckes ist der Hohlraum durch einzelne Öffnungen mit dem Niederwasser verbunden, so daß der Wasserstand im Innern des Wehrkörpers jederzeit der Höhe des Niederwassers gleichkommt.

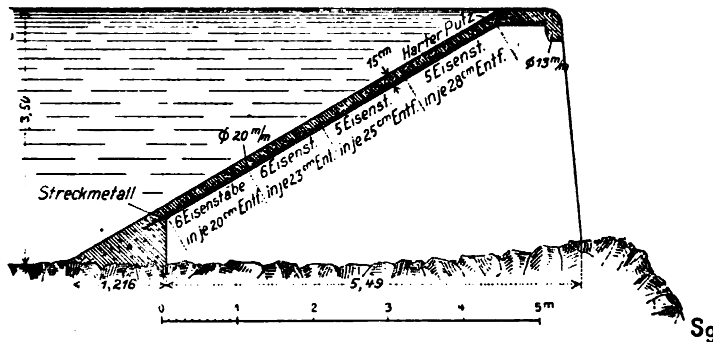


Abb. 136.

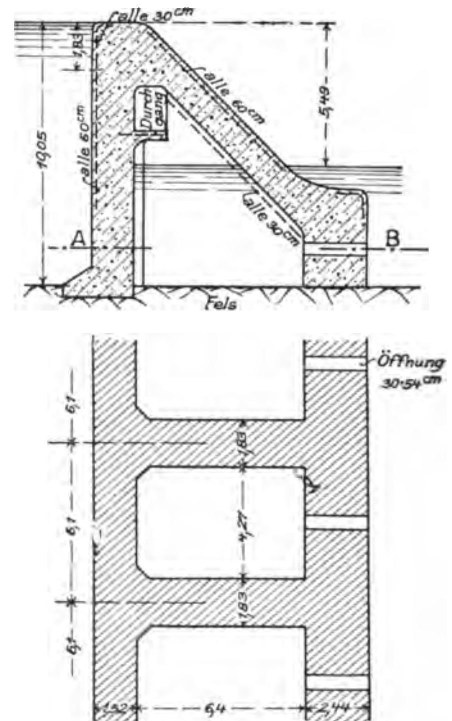


Abb. 137.

In den weitaus meisten Fällen wird gegenwärtig bei Ausführungen von Wehranlagen in Deutschland noch der reine Stampfbetonbau oder aber das als Spezialität von der Firma Liebold & Co. hergestellte Conkret-Mauerwerk (Bruchstein-Zementbau) verwandt.

20. Uferdeckungen und Fluß-Sohlenbefestigungen.

Während früher wirklich dauerhafte Uferdeckungen nur durch starkes, gut gelagertes Pflaster aus natürlichen Steinen hergestellt wurden, hat man neuerdings auch hierzu Eisenbeton verwandt. Als die einfachste Ausführung kann wieder die gewöhnliche Monierplatte gelten. Diese wurde unter anderen bei Herstellung des Dortmund-Ems-Kanales auf eine Länge von etwa 43 km benützt. Die Platten erhielten dort eine Stärke von 8 cm bei einer Breite von 40—50 cm und einer Höhe von 1,0—1,2 m. Als Unterstützung derselben sind teilweise besondere Bermen, im übrigen aber Steinabdeckungen

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

vorhanden. Auch bei der Erweiterung des Oder-Spree-Kanales fanden Monierplatten mehrfach Anwendung, Abb. 138. Hier wurden die 8 cm starken und 1 qm großen Platten auf ein 8–10 cm starkes Bett aus Kalksteinschotter verlegt und gegen eine eingerammte Spundwand gestützt. Die Armierung bestand aus 5 mm starken Rundeisenstäben. Das Mischungsverhältnis des Betons war 1 Teil Zement mit 4 Teilen Kies.

Im Gegensatz zu dem bisher Gesagten verwendet Prof. Möller (siehe auch Gurtbogenträger) eine ununterbrochene Platte als Abdeckung. Dieselbe wird an Ort und Stelle ausgeführt und durch besondere Verankerungen gesichert. Die Stärke der Platte beträgt bei gewachsenem Boden 4—5 cm, bei angeschüttetem dagegen 10—16 cm. Als Armierung verwendet man zurzeit Rundeisenstäbe, die parallel zur Böschungsneigung verlegt werden. Die Anker werden in Abständen von 35—75 cm vorgesehen und sind 25—55 cm (je nach der Bodenart) lang. Sie haben die Form runder Pfähle und sind

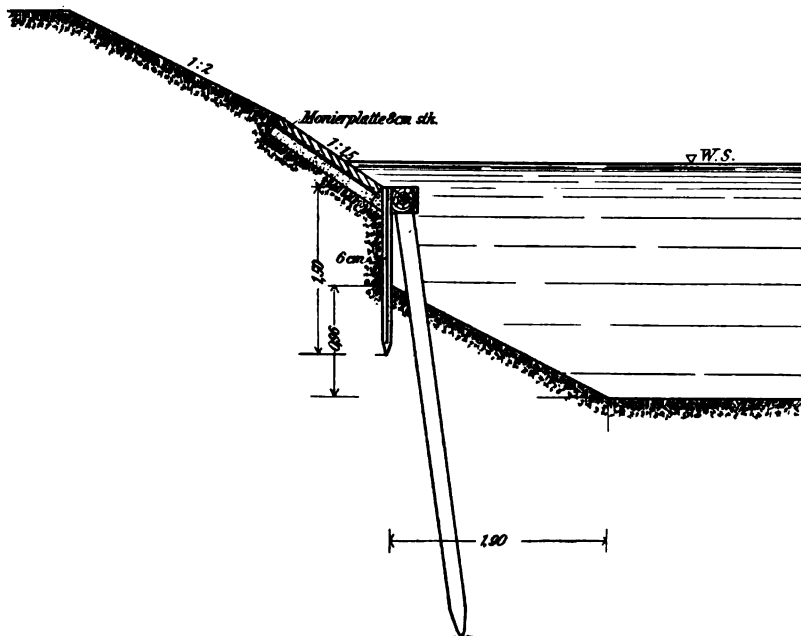


Abb. 138.

aus Zementmörtel in Mischung 1 : 1 gefertigt. Für die Abdeckplatte selbst wird nach den gemachten Erfahrungen eine weniger fette Mischung, etwa 1 Teil Zement mit 3 Teilen Sand und 3 Teilen Steinschlag empfohlen.

Als Nachteil dieser Abdeckung sowohl als auch derjenigen in reinem Beton ist die Entstehung von Rissen zu bezeichnen. Diese konnten bisher auch bei sorgfältigster Ausführung nicht gänzlich ferngehalten werden. Es empfiehlt sich deshalb, die Abdeckung in gewissen Abständen durch senkrechte Fugen in einzelne nicht zu breite Streifen zu zerlegen. Seit geraumer Zeit werden nach dieser Richtung hin mit den verschiedenen Ausführungsarten Versuche gemacht, um die Größe der Fugen nach Möglichkeit abzumindern und Mittel zu finden, die sich zur Fugendichtung am besten eignen.

Als in diesem Sinne sehr vorteilhaft hat sich ein Verfahren nach Melocco erwiesen. Auch hierbei werden zusammenhängende Drahtnetze verwandt, doch ist dem Beton durch 1,5—3,5 m große Platten, deren Fugen mit Asphalt gedichtet werden, eine gewisse Beweglichkeit gewahrt. Bei der Herstellung wird die Böschung zuerst mit

einem der Plattengröße entsprechenden Rippennetz versehen und der obere und untere Abschluß durch kräftige Betonrippen herbeigeführt, Abb. 139. Diese einzelnen Rippen, die auch ihrerseits eine Armierung erhalten, werden durch das zusammenhängende Drahtnetz verbunden, auf welches der 4—5 cm starke Estrich gebracht wird. Über den Rippen werden dann die genannten Fugen vorgesehen und mit Asphalt ausgegossen.

Eine weitere, schon mehrfach angewandte Abdeckung ist diejenige nach System Rabitz. Bei dieser ist die ebenfalls zusammenhängende Bekleidungsplatte selbst ver-

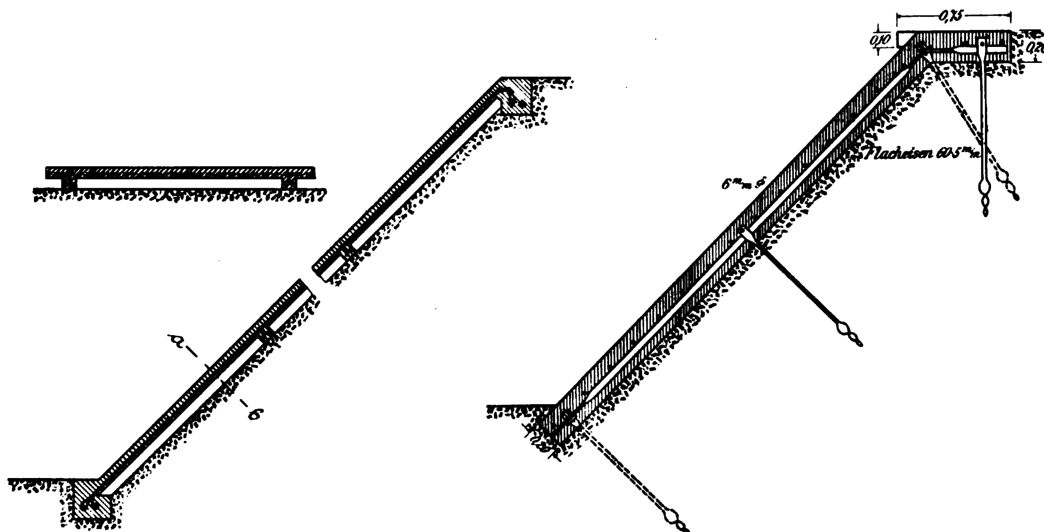


Abb. 139. Uferdeckung (System Melocco). Abb. 140. Uferdeckung (System Rabitz).

hältnismäßig stark und auch die Armierung zeigt größere Abmessungen. Zur Befestigung werden Eisenanker verwandt, die in den Boden einzuschrauben sind. In der Platte wird in gewissen Abständen je ein hochkant gestelltes Flacheisen vorgesehen, an welches die

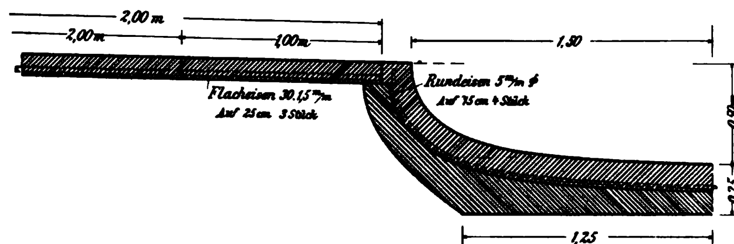


Abb. 141. Flußsohlenbefestigung des Chemnitzflusses.

gabelförmig endenden Anker befestigt werden. Als Nachteil ist es zu bezeichnen, daß die mit Erde in Berührung kommenden Eisenanker nicht gegen Rost geschützt sind, und daß der Preis für die Ausführung infolge der größeren Stärken wesentlich höher wird als bei den meisten übrigen Bauweisen.

Sohlenbefestigungen. Teilweise Sohlenbefestigungen von Flüssen und Kanälen können unter Umständen zur Erlangung einer möglichst glatten Sohle oder auch zur Herstellung genügender Festigkeit notwendig werden. Auch hierzu wurde schon die Verwendung von Eisenbeton in Frage gezogen und wie das nachstehende Beispiel zeigt, mit gutem Erfolg durchgeführt.

Zur Herstellung einer möglichst glatten Sohle, die von darüber lagernden Sinkstoffen

leicht befreit werden kann, wurde der Chemnitzfluß innerhalb der Stadt gleichen Namens mit einer in Abb. 141 dargestellten Sohlenbefestigung aus Eisenbeton versehen. Man baute in Flußmitte eine Niedrigwasserrinne von 3 m Breite und 0,50 m Tiefe aus muldenförmigen, 25 cm starken und 75 cm langen Eisenbetonplatten. Diese wurden in besonderen Formen hochkant eingestampft und durch je 4 Rundeisen mit 5 mm Durchmesser armiert. Als Betonmischung wurde 1 Teil Zement mit 3 Teilen Kiessand und 5 Teilen Steinschlag verwandt. Die Niedrig-Wasserrinne erhielt außerdem einen $1^1/_2$ cm starken Putz von 1 Teil Sternzement und $1^1/_2$ Teilen scharfen Sand. Die anschließenden 8,5 m breiten Bankette erhielten eine Abdeckung durch 25 cm breite und 10 cm starke, mit Nut und Feder versehene Platten. Die Länge derselben betrug wegen Herstellung eines guten Verbandes 1,0 m und 2,0 m. Als Armierung erhielt jede Platte 3 Stück der Längsrichtung parallel laufende Flacheisen mit 30/1,5 mm Querschnitt. Alle Fugen wurden mit flüssigem Zementmörtel 1:2 ausgegossen und die einzelnen Teile auf eine festgerammte Kiesschicht, die einen dünnen Sandüberzug erhielt, verlegt. An den Uferböschungen wurden als seitliche Abschlüsse Zementmörtel-Schwellen von 40 cm Breite, 40 cm Stärke und 60 cm Länge verlegt. Die Anlage hat sich bis jetzt gut bewährt und kostet ohne Nebenarbeiten pro □m nur 4,65 Mark.

21. Rohre und Kanäle für Ent- und Bewässerungen.

Während man früher gerade dem Kanalisationswesen weniger Aufmerksamkeit schenkte, ist es gegenwärtig eine der Hauptaufgaben des modernen Städtebaues geworden, die Kanalisierung der einzelnen Stadtgebiete zu einer möglichst einwandfreien zu gestalten. Gerade auf diesem Gebiete ist es in erster Linie der Beton- und Eisenbetonbau, der es ermöglicht, die einzelnen Ausführungen in solcher Vollkommenheit herzustellen, wie es zurzeit geschieht. So sind es hier neben verschiedenen anderen Bauteilen besonders die Abflußrohre für Brauch- und Regenwässer, die vielfach in Eisenbeton hergestellt werden. Seine Verwendung empfiehlt sich unter anderem dort, wo die Leitungen große innere oder äußere Druckbeanspruchungen auszuhalten haben und wo die einzelnen Teile schwächer oder leichter gehalten werden sollen. Bezüglich der Herstellungsweise der einfachen Rohre sei auf die Einzelheiten unter B verwiesen. Als Ergänzung des dort Gesagten sollen hier nur noch einige Anwendungen besprochen werden.

Rohre nach Monierart werden gegenwärtig kreisrund, Abb. 142, oder auch eiförmig fabrikmäßig hergestellt und können wie gewöhnliche Ton- oder Zementröhren verwandt werden. Die Verbindung der einzelnen Teile geschieht gewöhnlich durch Muffen, die mit Zement zu vergießen sind. Bei größeren Durchmessern wird die Verbindung oft auch durch besondere, armierte Ringe hergestellt. Außerdem werden diese Rohre auf besondere Unterlagen verlegt.

Eine abweichende Ausführungsart stellt der in Abb. 143[1] gegebene Querschnitt dar. Dieses Profil, dessen Armierung aus Streckmetall mit 7,5 cm Maschenweite besteht, wurde in Harisburg (Pennsylvanien) auf eine Strecke von 4659 m zur Ableitung der Brauchwässer verwandt. Die Sohle des Kanales wird von einem Kreisbogen mit 75 cm Radius und 2 in Neigung 3:1 anschließenden Tangenten gebildet. Das Gewölbe zeigt die Form einer Parabel und ist nach der Drucklinie geformt. Die Betonstärke beträgt in der Sohle und im Scheitel 12,5 cm, während die seitlichen Wandungen bis auf 15 cm Stärke anwachsen. Als Mischung ist 1 Teil Zement mit 2,5 Teilen Sand und 4,5 Teilen Kies

[1]) Zement und Beton, IV. Jahrg. Heft 12.

verwandt. Für die Herstellung wurden in Abständen von 1,0 m Lehren von 64 mm breiten Winkeleisen vorgesehen, die eine Abdeckung durch 5 cm starke Bretter erhielten. Letztere waren durch Seifenanstrich gegen Anhaften des Betons geschützt. Auf die Schalung wurde das Streckmetall verlegt und durch Steine in der richtigen Lage gehalten. Der ziemlich feuchte Beton wurde dann mit hölzernen Stampfern festgerammt und nach 3 Tagen mit Zementmörtel 1 : 1 verputzt.

Eine größere Anwendung zeigt die Abb. 144[1]), die einen Querschnitt der 569 m langen Gefälleleitung auf der Höhe von Argentuil (Frankr.) darstellt. Der



Abb. 142. Das Verlegen von Monierrohren. (Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monierbau.)

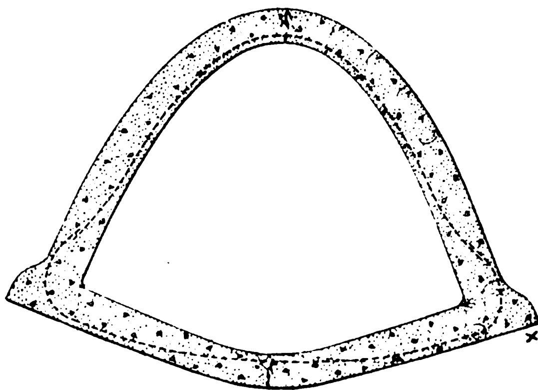


Abb. 143.

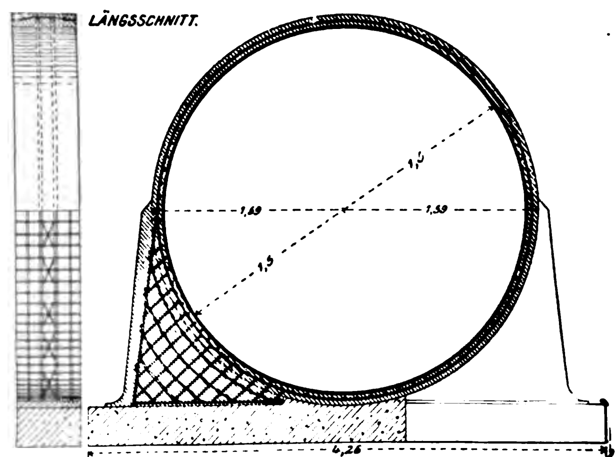
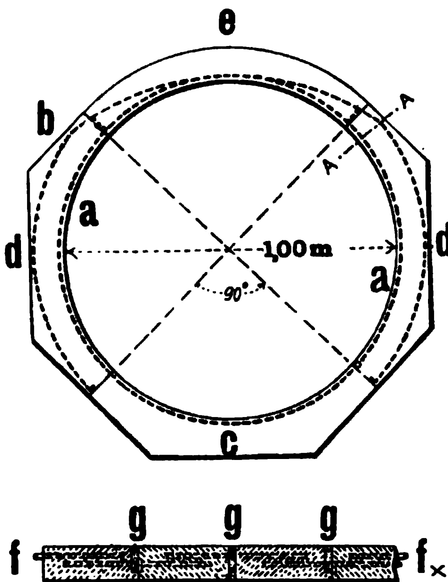


Abb. 144.

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

innere Durchmesser beträgt 3 m bei einer Wandstärke von 92 mm. Die Armierung geschah nach dem System Coignet und zwar durch 8 mm starke Rundeisen, die zu einem Netz von 110 mm Maschenweite verbunden wurden. Für die Betonmischung sind auf 1 cbm Sand 400 kg Zement verwandt.

Erwähnt seien noch die nach Angaben des amerikanischen Ingenieurs Parmley hergestellten Kanal-Steine, Abb. 145 und 146[1]). Hierbei entstehen beim Zusammenfügen der aus einem Bodenstück c, 2 Seitenstücken d und einem Oberteil e bestehenden Ringe an der inneren Laibung, Rillen, welche die Einlagen a und b aufnehmen und mit Zementmörtel verstrichen werden. Die Wandstärke beträgt bei 1 m Durchmesser 10 cm, die Breite der einzelnen Steine 30 cm. Eine Herstellung nach dieser Art dürfte sich nur unter besonderen Verhältnissen als zweckmäßig erweisen, da es im allgemeinen nicht schwer ist, auch Rohre mit größerem Durchmesser in einem Stück auszuführen.



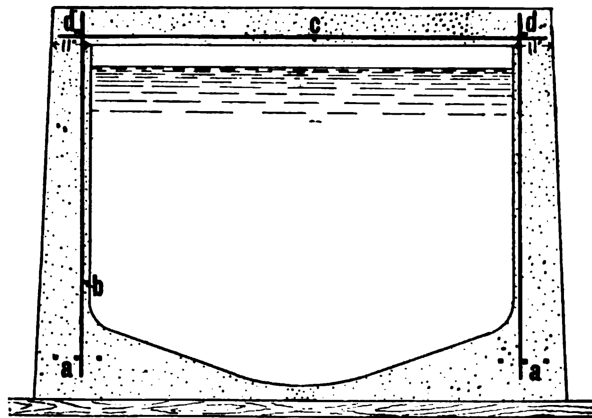


Abb. 145 und 146. Abb. 147.

Die Anwendung rechteckiger Kanalquerschnitte kann, trotzdem in der Regel kreisrunde oder elliptische Querschnitte zweckmäßiger sind, unter Umständen dort gerechtfertigt sein, wo der aufzunehmende Druck sehr gering und für die Auflagerung sehr nachgiebiger Baugrund vorhanden ist. Außerdem werden sie dort Verwendung finden, wo für die Durchführung hoher Profile der Raum fehlt. Die Umfassungen bestehen dann nur aus geraden Wänden, welche durch ein Eisennetz armiert sind. In den Ecken werden zweckmäßig einzelne Stäbe umgebogen, um genügende Steifigkeit und Dichtigkeit herbeizuführen.

In Deutschland wurden solche Bauwerke unter anderen für Herstellung von Rauchkanälen verwandt, deren Querschnitt 6—12 qm betragen kann.

Aus Neu-Orleans (Amerika) werden in einem rechteckigen Kanal, der den in Abb. 147[2]) dargestellten Querschnitt besitzt, die Abwässer der 300000 Einwohner zählenden Stadt nach den zunächst liegenden Seen geführt. Wegen sehr nachgiebigem Baugrund wurde hier die Sohle auf eine starke Bohlenlage gestampft. Die seitlichen Wandungen sind

[1]) Zement und Beton, IV. Jahrg. Heft 6.
[2]) Zement und Beton, IV. Jahrg. Heft 19.

an der Innenseite senkrecht und außen schwach geböscht. Als Armierung wurden an ihrem unteren Ende 3 Reihen 22 mm starke Stäbe a wagrecht eingelegt. Außerdem sind parallel der Innenwand in Abständen von 36 cm 13 mm starke Stäbe b dicht an der inneren Seite eingebettet. Für die obere Abdeckung des bis 4,5 m Spannweite besitzenden Kanales ist ebenfalls Eisenbeton verwandt und zwar sind hier im unteren Teil der Platte in 7,5 cm



Abb. 148.

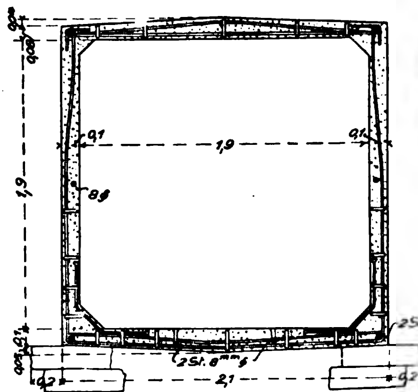


Abb. 150.

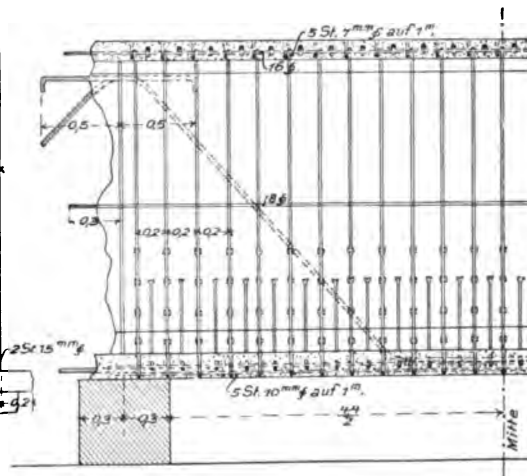


Abb. 149.

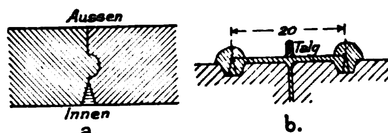


Abb. 151.

Abb. 148—151.
Wasserleitung am Simplontunnel.

Abstand 22 mm starke Stäbe c verlegt, die an den Kreuzungspunkten mit den Stäben b durch längslaufende Stäbe d verbunden wurden. Die Deckenstärke beträgt 26 cm. Alle Eiseneinlagen sind als gerippte Stäbe hergestellt, könnten aber sicher ebensogut durch gleichstarke Rundeisen-Stäbe ersetzt werden.

Ein besonderes Verwendungsgebiet des rechteckigen Querschnittes stellt die Ausführung von Tunnels oder Untergrundbahnen dar. So wurde 1894 für die Verwaltungs-

gebäude der Staatsbahnen in Utrecht ein 20 m langer, 1,40 m breiter und 2,25 m hoher Tunnel mit 6 cm Wandstärke für Fußgängerverkehr hergestellt, der vollständig unter dem Wasserspiegel liegt. Die Ausführung geschah zu ebener Erde in einem Stück, welches dann an Ort und Stelle versenkt wurde.

Während bei Herstellung von Rohren die Bauweise Hennebique fast keine Verwendung gefunden hat, geschah dies des öfteren schon bei Anordnung von rechteckigem Querschnitt. Hier kommen die Vorzüge der Bauweise besonders zur Geltung, wenn offene oder geschlossene Kanäle zu ebener Erde oder als Hochleitungen auszuführen sind. Eine bedeutende Anwendung der letzteren Art ist der 3 km lange Wasserzuleitungskanal des Simplontunnels, Abb. 148—151[1]), dessen Querschnitt in Abb. 150 dargestellt ist.

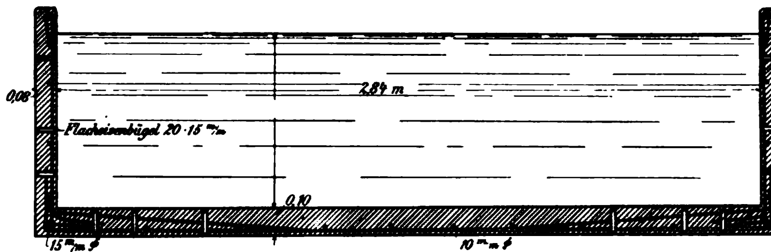


Abb. 152.

Der oben geschlossene Kanal wird durch 5,00 m voneinander entfernte Stützen getragen, die zum Teil aus gewöhnlichem Mauerwerk, im übrigen aber in Eisenbeton hergestellt sind. Als Armierung sind im Boden Längs- und Querstäbe vorgesehen, deren Zusammenhang durch Bügel geschaffen wird. Für die Wandungen sind an den äußeren Seiten senkrechte Stäbe vorhanden, die oben, in der Mitte und unten durch einen horizontal liegenden Stab verbunden werden. Für die Eckverbindungen sind noch besondere Einlagen vorhanden. Trotzdem das Bauwerk in der Hauptsache frei liegt, haben sich infolge der Temperatureinwirkungen nur sehr kleine Risse gezeigt, auf welche durch Anordnung besonderer Dehnungsfugen, Abb. 151, schon bei der Ausführung Rücksicht genommen war. Abb. 152 stellt einen offenen Kanal derselben Bauweise dar. Die Sohle dieses 3,0 m breiten Bauwerkes ist wegen des auftretenden Wasserdruckes nach beiden Richtungen hin armiert. Die Seitenwandungen sind als in Bodenhöhe eingespannte von innen beanspruchte Stücke gedacht und ebenfalls nach beiden Richtungen armiert.

22. Behälter.

Diese Bauwerke boten dem Eisenbeton, ähnlich wie die Brückenbauten, schon von Anfang an ein bedeutendes Anwendungsgebiet. Während man zuerst nur kleine Reservoire von 100—200 cbm Inhalt als runde Behälter in Monierkonstruktion oder als reine Betonbauten mit Monierkappen überspannte, werden gegenwärtig Ausführungen dieser Art mit 500 und mehr cbm Inhalt gebaut. Hierbei sind es nicht nur die Hochbehälter und Klär- oder Filterbecken, die in Frage kommen, sondern man findet eine ziemliche Zahl ausgeführter Bauwerke, die den verschiedensten Zwecken dienen. So wurden schon Eisenbetonbehälter zur Aufnahme von Wein, Weinessig, Branntwein, Teer etc. hergestellt, die sich bezüglich der Haltbarkeit und Undurchlässigkeit sehr gut bewähren.

---

[1]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

Als Querschnittsform der einzelnen Behälter kommt das Rechteck oder der Kreis in Betracht. Während die erstere Form bei allen größeren Ausführungen Verwendung findet, empfiehlt es sich für kleinere Behälter wegen der größeren Festigkeit und Undurchlässigkeit, die runde Form zu wählen. Für runde Behälter mit 100 cbm und weniger Inhalt wird die geringste Gesamtoberfläche entstehen, wenn die Höhe desselben gleich dem Durchmesser ist. In der Praxis ist es jedoch üblich, die Höhe, die dem Flüssigkeitsdruck ausgesetzt ist, nicht über 5,0 m zu wählen.

Besondere Sorgfalt ist beim Behälterbau auf die Abdichtung der inneren Wandungen zu verwenden. Um dies zu erreichen, kommt es darauf an, daß die Verbindung des Betons mit den Einlagen an den Ecken besonders sorgfältig hergestellt wird und daß der Putz, der auf die inneren Wandungen aufzubringen ist, möglichst mit einer reinen Zementhaut von höchstens 2—3 mm Dicke versehen wird. Um in einzelnen Fällen auch die nötige Beständigkeit gegen chemische Einwirkungen zu erreichen, werden gegenwärtig außer diesem Verputz noch die verschiedenartigsten Anstriche verwandt. Näheres hierüber siehe unter E Verputz.)

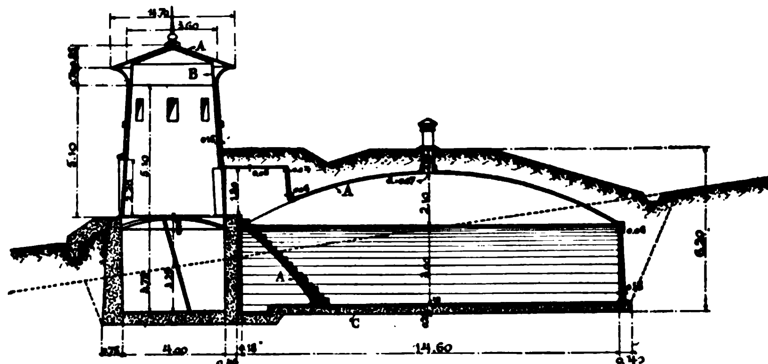


Abb. 153. Hochbehälter der Stadt Deuben.

Für die **Herstellung runder Behälter** findet in der Hauptsache die **Monierkonstruktion** Anwendung. Die Armierung derselben geschieht ähnlich wie bei den Rohren durch Einlage eines aus Rundeisenstäben gebildeten Gitterwerkes. Die eigentlichen Tragstäbe werden dabei durch horizontal liegende Ringe gebildet, deren Abstand nach oben größer wird. Da diese Stäbe die Zugspannungen aufzunehmen haben, ist besondere Sorgfalt auf die Stoßverbindungen zu verwenden. Die Verteilungsstäbe sollen auch hier eine Verbindung der Tragstäbe und eine Verstärkung im senkrechten Sinne herbeiführen. Der Abstand und Durchmesser der Tragstäbe ist von dem einwirkenden Erd- und Wasserdruck abhängig und wird wie bei den Rohren ermittelt. Als Wandstärken werden bei etwa 5 m Wasserhöhe oben 5—7 cm, unten 12—13 cm gewählt. Kleine Behälter dieser Bauweise stellen sich vielfach auch als eine auf der Sohle aufsitzende Halbkugel dar.

Eine andere besonders in Deutschland gebräuchliche Form stellt der aus Abb. 153 [1]) ersichtliche Wasserbehälter der Gemeinde Deuben bei Dresden dar. Dieser mit zylindrischem Becken und einer als Kugelkalotte ausgebildeten Decke versehene Behälter hat einen inneren Durchmesser von 14,2 m und 50 cbm Fassungsraum. Das mit 2,10 m Stich hergestellte Gewölbe hat eine Scheitelstärke von 7 cm und eine Kämpferstärke von 11 cm. Die ringförmige Wand zeigt oben eine Stärke von 6 und unten eine solche von 18 cm.

[1]) Christophe, Der Eisenbeton.

Eine Verwendung für gewerbliche Zwecke zeigt Abb. 154[1]), die den Behälterturm der Gasanstalt Nr. 2 in Charlottenburg darstellt. Hier sind 4 Behälter für verschiedene Zwecke übereinander gebracht und mit Moniergewölben, deren Zwickel mit

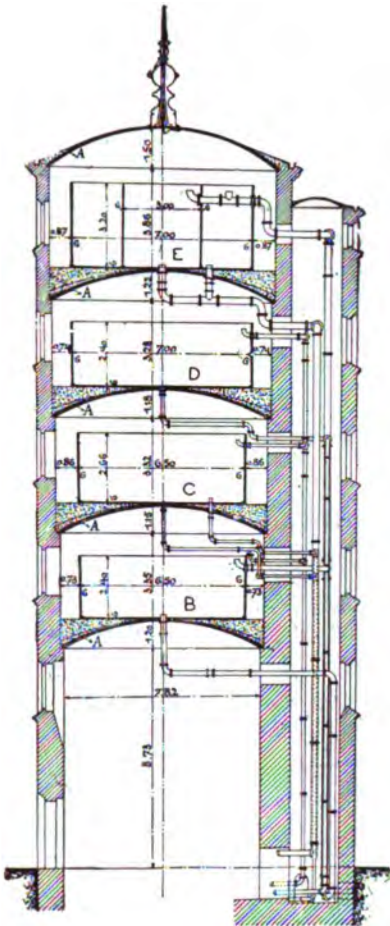


Abb. 154.
Behälter der Gasanstalt in Charlottenburg.

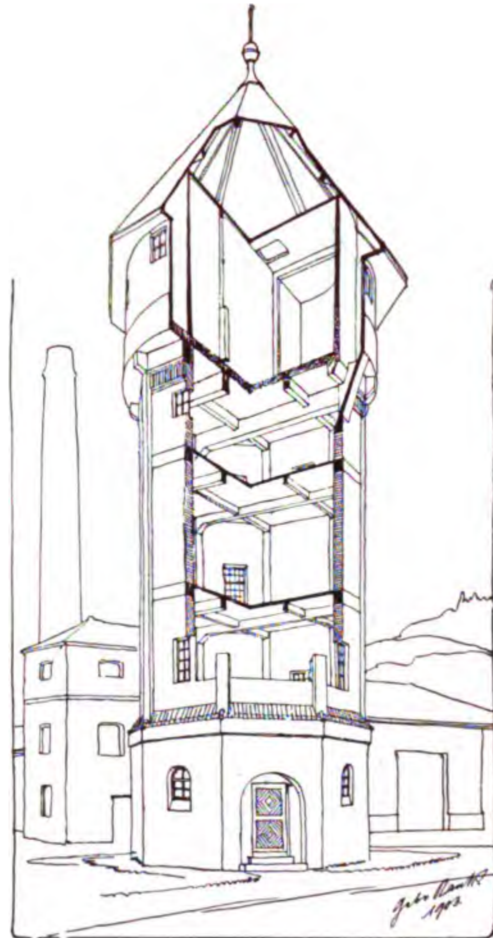


Abb. 155.
Wasserturm in Kirchseeon.

Beton ausgefüllt sind, abgedeckt. Auch die als Kuppel ausgebildete obere Abdeckung wurde in derselben Weise hergestellt. (Bez. der Armierung dieser Moniergewölbe vergl. das unter B Gesagte.)

Wassertürme.

In allen Fällen, wo die Behälter eine beträchtliche Höhe über dem Terrain erhalten müssen, macht sich die Herstellung eines besonderen Turmes notwendig. Diese wurden früher fast ausschließlich in Mauerwerk und nur ausnahmsweise in Eisen hergestellt. Gegenwärtig findet auch hierzu verschiedentlich Eisenbeton Verwendung.

Daß sich Bauwerke dieser Art auch den architektonischen Formen anzupassen vermögen, zeigen die Abb. 155 bis 158[2]), die einen von den Architekten Gebr. Rank,

[1]) Christophe, Der Eisenbeton.

[2]) Büsing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen.

München, entworfenen Wasserturm in Kirchseeon (Bayern) darstellen. Dieses Bauwerk hat eine Gesamthöhe von 24,50 m und enthält in seinem oberen Teil einen Wasserbehälter von 4 m Höhe und 6,50 m Durchmesser, Abb. 157. Es wird durch Zwischendecken, die in 3,5 m Entfernung liegen, in Geschoße geteilt und zeigt einen achteckigen Dachabschluß. Die Last des gefüllten Beckens (170 Tonnen), wird durch 8 Stützen auf die Fundamente übertragen, so daß die Ausmauerung zwischen diesen Stützen nur als Abschluß dient. Als Mischungsverhältnis für den Beton wurde 1 Teil Zement mit 3 Teilen Sand und 3 Teilen Kies verwandt.

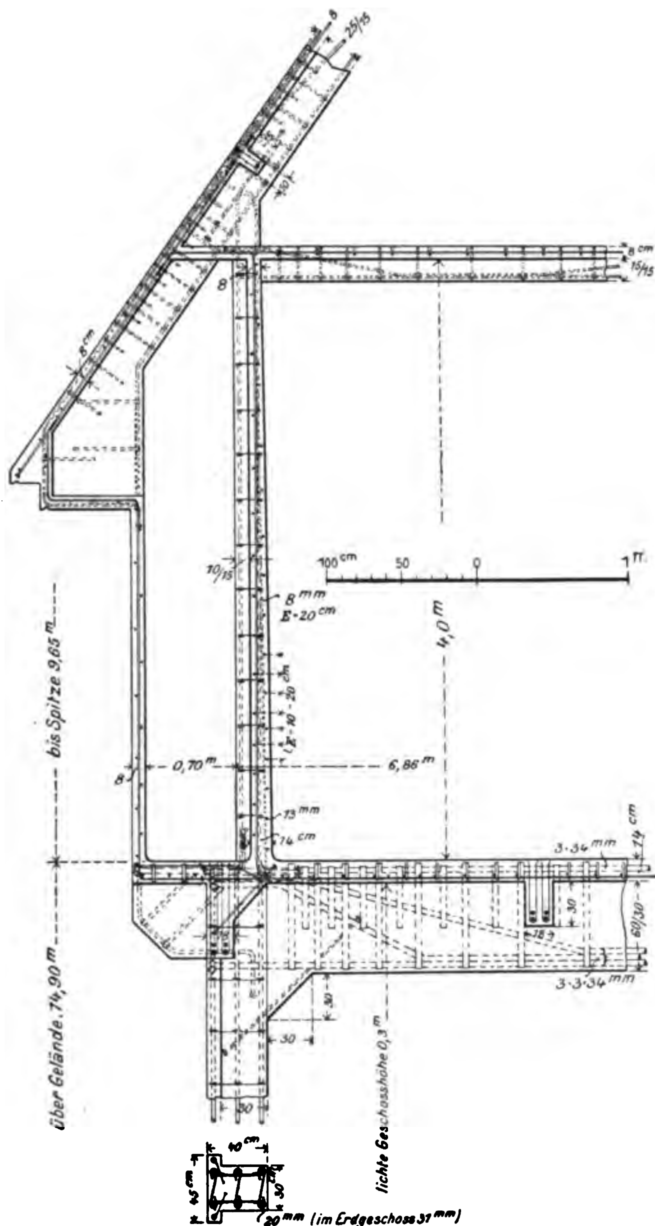


Abb. 156—158. Schnitt durch den Behälter des Wasserturmes in Kirchseeon.

Rechteckige Behälter.

Die rechteckige Form findet, wie schon vorn angegeben, hauptsächlich bei größeren Behälterbauten Anwendung. Die Wandungen derselben sind als auf Biegung beanspruchte Platten zu betrachten und dementsprechend zu armieren. Man wird deshalb meist von Rundeisen ein rechteckiges Netzwerk bilden, das besonders an den Ecken sorgfältig verbunden werden muß. Bei größeren Drücken wird sich in gewissen Abständen vielfach die Anordnung von besonderen Strebepfeilern notwendig machen, die dann ähnlich wie die Verstärkungspfeiler der Stützmauern zu armieren sind. Besonders zu beachten ist bei Verteilung der Einlagen, daß in Fällen, wo der Behälter freisteht, die Wände nach außen gebogen werden, die Eisenstäbe demzufolge dicht an die Außenseite zu bringen sind. Außerdem werden aber durch die Eckverbindungen und eventuellen Strebepfeiler Einspannungen hervorgerufen, die auch an der Innenseite Armierungen erfordern. Mit Rücksicht darauf werden verschiedentlich 2 Eisennetze vorgesehen. Dieselbe Wirkung erreicht man vielfach auch bei Verwendung einer Einlage, wenn diese so gebogen wird, daß sie immer an der Seite vorhanden ist, wo

Zugspannungen auftreten. Die Abdeckung der rechteckigen Behälter geschieht in der Regel mittelst ebenen Platten oder Plattenbalken. Bezüglich der Armierung derselben gilt naturgemäß das schon unter B und bei den Hochbauten Gesagte. Als Belastung wird für die Bestimmung der Abmessungen immer die etwa vorhandene Überschüttung oder die sonst zu erwartende Beanspruchung anzunehmen sein.

Eine größere Ausführung dieser Art zeigen die Abb. 159 und 160 in dem 1600 cbm fassenden Hochbehälter der Stadt Pforzheim (Bayern). Das von der Firma Wayß & Freytag hergestellte Bauwerk ist außer der aus reinem Beton bestehenden Sohle vollständig in Eisenbeton ausgeführt. Die Armierungen der einzelnen Teile sind nach den Regeln der Wayßschen Bauweise, wie sie vorn angegeben wurden, ausgeführt.

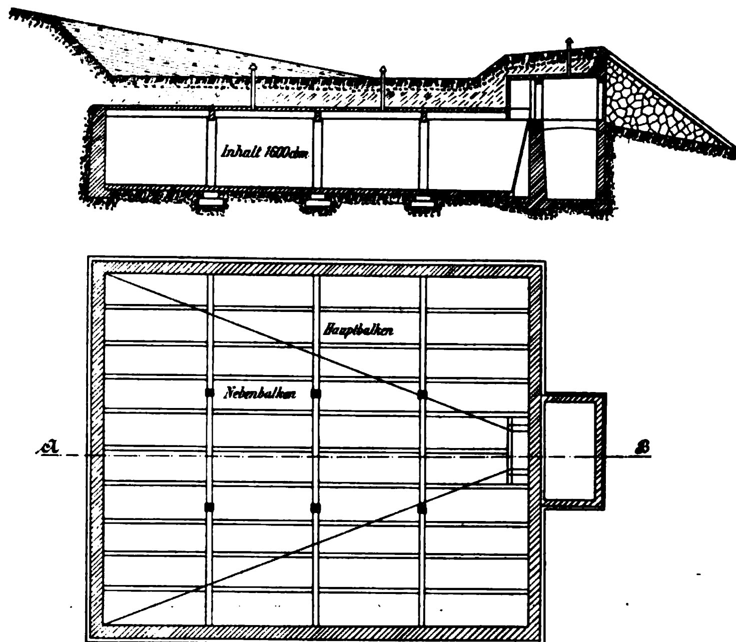


Abb. 159 und 160. Hochbehälter der Stadt Pforzheim (Ausführung: Wayß & Freytag).

Auch nach dem System Hennebique wurden schon mehrfach rechteckige Behälter hergestellt. So unter anderen für die Gemeinde Seraing (Belgien) 1898 3 vollständig unter dem Terrain liegende Bassins von 800 cbm und 1000 cbm Fassungsraum. Die Anordnung der Einlagen geschieht auch hierbei nach den bereits früher in den einzelnen Kapiteln besprochenen Regeln dieser Bauweise (vergl. unter Plattenbalken, Säulen und Wände).

Daß man bei Herstellung von Eisenbetonbehältern mit großem Fassungsraum wie bei großen Bauwerken dieser Art überhaupt auch schon während des Baues die größte Vorsicht beachten muß, hat der teilweise Einsturz des aus 4 Hauptkammern mit je 36 Unterabteilungen bestehenden Wasserbehälters in Madrid, der am 6. April 1905 erfolgte, gelehrt [1]. Dieser noch in der Herstellung befindliche Behälter wurde durch Eisenbetongewölbe überspannt und war erst zum Teil abgedeckt. Infolge der außerordentlichen Temperaturschwankungen, die zwischen Tag und Nacht bis zu 40° C. betrugen, fand in den unterstützenden Balken und den anschließenden Gewölben eine derartige

[1] Zement und Beton, IV. Jahrg. Heft 14.

Ausdehnung statt, daß der Einsturz einzelner Teile erfolgte. Nach den hier gemachten Erfahrungen dürfte bei derart großen Ausführungen als Abdeckung die ebene Platte dem Gewölbe vorzuziehen sein. Im übrigen wird man aber darauf bedacht sein müssen, daß alle fertigen Bauteile nach Möglichkeit gegen die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt sind.

Eine dem Behälterbau nahekommende Ausführungsart stellen die sog. Silos dar. Es

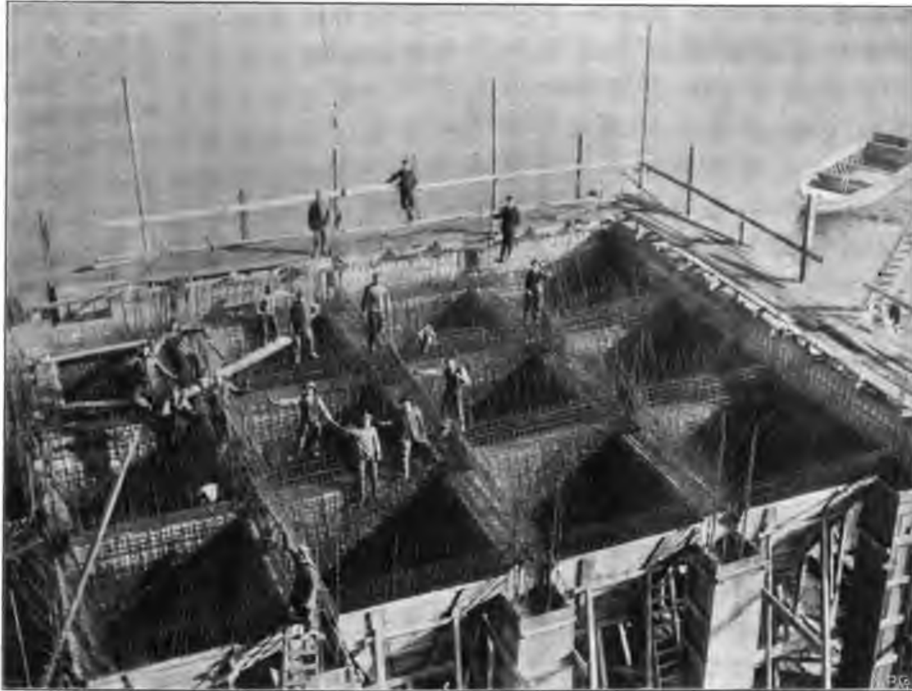


Abb. 161. Ausführung eines Silobaues (Wayß & Freytag).

sind dies in der Regel erhöhte Behälter, die unten meist eine runde oder auch viereckige, trichterförmige Öffnung besitzen und zur Aufnahme von Zement, Kohle oder dergl. dienen.

Abb. 161 zeigt einen derartigen Silobau während der Ausführung und läßt die Art der Einlagen und Schalungen erkennen. Betreffs der Armierung im allgemeinen gilt auch hier das für Herstellung der Säulen und Wände Angeführte.

23. Verschiedenes.

Außer zu den bisher erwähnten Bauwerken findet der Eisenbeton gegenwärtig noch zu den verschiedenartigsten Konstruktionen Verwendung. So wurden u. a. schon Eisenbahnschwellen, Schornsteine, Leuchttürme, Buhnenbauten, Fahrbahnen und Fußwegbeläge und andere Ausführungen in dieser Bauweise hergestellt. Es würde jedoch nicht dem Zweck dieses Werkes entsprechen, wenn diese Anwendungsgebiete mit all ihren besonderen Eigenarten hier einzeln aufgezählt werden sollten. Nach dem bisher Besprochenen dürfte die große Mehrzahl der aufmerksamen Leser imstande sein, Bauwerke der verschiedensten Art mit Beachtung der allgemein gültigen Konstruktionsregeln in Eisenbeton zu projektieren, denn wenn auch im vorstehenden Kapitel versucht wurde, dem Schüler wie auch dem bereits in der Praxis stehenden Techniker an Hand von

ausgeführten Beispielen die Konstruktionseigenheiten des Eisenbetons noch besser klar zu machen, als es bei Besprechung der Ausführungsweisen im 2. Kapitel geschehen konnte, so ist doch zu bedenken, daß die praktische Durchführung einer gestellten Aufgabe immer nur mit Rücksicht auf die gegebenen örtlichen Verhältnisse möglich ist. Wenn also in den einzelnen Fällen neben diesen gegebenen Bedingungen die Grundregeln der Eisenbetonkonstruktionen in richtiger Weise angewandt werden, wird es immer möglich sein, ohne Rücksicht auf besondere Systeme ein Bauwerk zu schaffen, welches allen durch die Festigkeit und Eigenart der Bauweise bedingten Anforderungen entspricht. Damit auch die mit der praktischen Ausführung noch nicht, oder nur unvollständig vertrauten Leser eine allgemeine Kenntnis der dabei zu beachtenden Regeln erlangen, ist diese, sowie auch das zur Verwendung kommende Material noch in einem besonderen Abschnitt E behandelt und sei hier im Anschluß an das oben Gesagte darauf verwiesen.

D. Berechnung der Eisenbetonkonstruktionen.

24. Allgemeines.

Ähnlich wie bei den verschiedenen Baukonstruktionen aus einheitlichem Material sind auch im Eisenbetonbau die ersten Anwendungen lediglich nach praktischen Gesichtspunkten erfolgt. Erst nachdem man erkannt hatte, daß die Entwickelung der neuen Bauweise nur dann eine bedeutungsvolle werden kann, wenn eine zutreffende theoretische Untersuchung und Berechnung die Möglichkeit bietet, bei geringstem Materialaufwand genügende Sicherheit nachzuweisen, beschäftigten sich verschiedene Theoretiker eingehend mit dieser Frage. Wie schon früher erwähnt, war es vor allem Reg.-Baumeister Koenen, der auf Grund der von Ingenieur A. Wayß und Prof. Bauschinger angestellten Versuche eine Theorie entwickelte, die als erste dieser Art überhaupt gelten kann. Diese Berechnungsart findet noch heute, trotzdem innerhalb der letzten Jahre eine große Zahl ähnlicher Theorien aufgestellt wurden, vielfach Anwendung. Sie wurde durch Reg.-Baumeister Koenen neuerdings durch Berücksichtigung der vom Professor von Bach festgestellten Formänderungsgesetze wesentlich verbessert und ist auch den Vorschriften, die als Leitsätze für die Berechnung von Eisenbetonkonstruktionen vom Kgl. Preußischen Ministerium herausgegeben sind, zu grunde gelegt.

Diese Leitsätze schreiben bezüglich der hierbei zu machenden Annahmen folgendes vor:

25. Leitsätze für die statische Berechnung.

A. Eigengewicht.

1. Das Gewicht des Betons einschließlich der Eiseneinlagen ist zu 2400 kg für das cbm anzunehmen, sofern nicht ein anderes Gewicht nachgewiesen wird.

2. Bei Decken ist außer dem Gewicht der tragenden Bauteile das Gewicht der zur Bildung des Fußbodens dienenden Baustoffe nach bekannten Einheitssätzen zu ermitteln.

B. Ermittelung der äußeren Kräfte.

1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen sind die Angriffsmomente und Auflagerkräfte je nach der Art der Belastung und Auflagerung den für frei aufliegende oder durchgehende Balken geltenden Regeln gemäß zu berechnen.

2. Bei frei aufliegenden Platten ist die Freilänge zuzüglich der Deckenstärke, bei durchgehenden Platten die Entfernung zwischen den Mitten der Stützen als Stützweite in die Berechnung einzuführen.

3. Bei Platten, die über mehrere Felder durchgehen, darf das Biegungsmoment in den Feldmitten zu vier Fünfteln des Wertes angenommen werden, der bei einer auf zwei Stützen frei aufliegenden Platte vorhanden sein würde, falls nicht die wirklich auftretenden Momente und Auflagerkräfte rechnerisch, oder durch Versuche nachgewiesen werden.

4. Dieselbe Regel gilt auch für Balken, Plattenbalken und Unterzüge, jedoch mit der Ausnahme, daß ein Einspannungsmoment an den Enden nicht in Rechnung gestellt werden darf, wenn nicht besondere bauliche Anordnungen zur sicheren Einspannung getroffen werden. Als Stützweite gilt die um eine Auflagerlänge vergrößerte freie Spannweite.

5. Bei Plattenbalken darf die Breite des plattenförmigen Teiles mit nicht mehr als einem Drittel der Balkenlänge in Rechnung gestellt werden.

6. Bei Stützen ist auf die Möglichkeit einseitiger Belastung Rücksicht zu nehmen.

C. Ermittelung der inneren Kräfte.

1. Das Elastizitätsmaß des Eisens ist zu dem Fünfzehnfachen von dem des Beton anzunehmen, wenn nicht ein anderes Elastizitätsmaß nachgewiesen wird.

2. Die Spannungen im Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Körpers sind unter der Annahme zu berechnen, daß sich die Ausdehnungen wie die Abstände von der Nullinie verhalten und daß die Eiseneinlagen sämtliche Zugkräfte aufzunehmen vermögen.

3. Schubspannungen sind nachzuweisen, wenn Form und Ausbildung der Bauteile ihre Unschädlichkeit nicht ohne weiteres erkennen lassen. Sie müssen, wenn zu ihrer Aufnahme keine Mittel in der Anordnung der Bauteile selbst gegeben sind, durch entsprechend gestaltete Eiseneinlagen aufgenommen werden.

4. Die Eiseneinlagen sind möglichst so zu gestalten, daß die Verschiebung gegen den Beton schon durch ihre Form verhindert wird. Soweit dies nicht geschieht, ist die Haftspannung rechnerisch nachzuweisen.

5. Die Berechnung der Stützen auf Knicken soll erfolgen, wenn ihre Höhe mehr als das Achtzehnfache der kleinsten Querschnittsabmessung beträgt. Querverbände, welche geeignet sind, die eingelegten Eisenstäbe unveränderlich gegeneinander festzulegen, sind in Abständen von höchstens dem dreißigfachen Betrage des Eisenstabdurchmessers anzubringen.

6. Zur Berechnung der Stützen auf Knicken ist die Eulersche Formel anzuwenden.

D. Zulässige Spannungen.

1. Bei den auf Biegung beanspruchten Bauteilen soll die Druckspannung des Betons den fünften Teil seiner Bruchfestigkeit, die Zug- und Druckspannung des Eisens den Betrag von 1200 kg/qcm nicht übersteigen.

Dabei sind folgende Belastungswerte anzunehmen:

a) bei mäßig erschütterten Bauteilen, z. B. bei Decken von Wohnhäusern, Geschäftsräumen, Warenhäusern: die wirklich vorhandene Eigen- und Nutzlast,

b) bei Bauteilen, die stärkeren Erschütterungen oder stark wechselnder Belastung ausgesetzt sind, wie z. B. bei Decken in Versammlungsräumen, Tanzsälen, Fabriken, Lagerhäusern: die wirkliche Eigenlast und die bis zu fünfzig vom Hundert erhöhte Nutzlast,

c) bei Belastungen mit starken Stößen, wie z. B. bei Kellerdecken unter Durchfahrten und Höfen: die wirkliche Eigenlast und die bis zu hundert vom Hundert erhöhte Nutzlast,

2. In Stützen darf der Beton mit nicht mehr als einem Zehntel seiner Bruchfestigkeit beansprucht werden[1]). Bei Berechnung der Eiseneinlagen auf Knicken ist fünffache Sicherheit nachzuweisen.

3. Die Schubspannung des Betons darf das Maß von 4,5 kg/qcm nicht überschreiten. Wird größere Schubfestigkeit nachgewiesen, so darf die auftretende Spannung nicht über ein Fünftel dieser Festigkeit hinausgehen.

4. Die Haftspannung darf die zulässige Schubspannung nicht überschreiten.

Die Formeln, die durch diese Bestimmungen für die Berechnung empfohlen werden, siehe am Schluß des Kapitels D.

26. Druckspannungen in Stützen u. dergl.

Wird angenommen, daß sich eine Kraft P, die auf einen Eisenbetonpfeiler einwirkt, gleichmäßig über den ganzen Betonquerschnitt verteilt und daß die Eiseneinlage symmetrisch angeordnet wird, so gilt, wenn f_b die Querschnittsfläche des Betons, f_e diejenige des Eisens und k_b resp. k_e die entsprechenden Beanspruchungen beider Materialien bezeichnen:

$$P = f_b \cdot k_b + f_e \cdot k_e.$$

Hierbei muß, wenn der innige Zusammenhang nicht gestört werden soll, die Dehnung bezw. Verkürzung im Beton gleich derjenigen im Eisen sein.

Bezeichnet $\alpha = \frac{1}{E_b}$ den Dehnungskoeffizient des Betons, $\beta = \frac{1}{E_e}$ denjenigen des Eisens und setzt man:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\frac{1}{E_b}}{\frac{1}{E_e}} = \frac{E_e}{E_b} = n$$

so wird, da $\alpha \cdot k_b = \beta \cdot k_e$ sein muß:

$$k_b = k_e \cdot \frac{1}{n}$$

und

$$k_e = k_b \cdot n \,.$$

Führt man diese Werte in die allgemeine Gleichung

$$P = f_b \cdot k_b + f_e \cdot k_e$$

ein, so wird

$$P = f_b \cdot k_b + f_e \cdot k_b \cdot n \text{ oder}$$

$$\underline{P = k_b(f_b + f_e \cdot n)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

[1]) Die Leitsätze des deutschen Architekten- und Ingenieurvereins empfehlen auf Grund weitgehender Versuchsergebnisse auch in Stützen die Beanspruchung bis zu 1/5 der Bruchfestigkeit zuzulassen.

Setzt man den Wert für k_e ein, so wird

$$P = f_b \cdot k_e \cdot \frac{1}{n} + f_e \cdot k_e \text{ oder}$$

$$P = k_e \left(f_b \cdot \frac{1}{n} + f_e\right) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

Das Verhältnis der beiden Elastizitätsmodule $n = \frac{E_e}{E_b}$ wird nach den Leitsätzen zu $\frac{2100000}{140000} = 15$ [1]) angenommen.

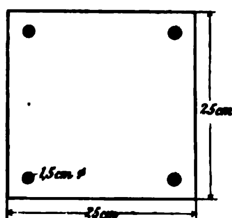


Abb. 162.

Beispiel. Welche zentrische Belastung P kann ein quadratischer, 3,2 m hoher Eisenbetonpfeiler von 25 cm Seitenlänge, Abb. 162, aufnehmen, wenn die Armierung durch 4 Rundeisen von 1,5 cm Durchmesser geschaffen werden soll?

Die Bruchfestigkeit des betr. Betons sei zu 280 kg pro qcm ermittelt. Da nach den Leitsätzen die zulässige Beanspruchung in Stützen nur $\frac{1}{10}$ der Bruchfestigkeit betragen darf, wird

$$k_b = \frac{280}{10} = 28 \text{ kg/qcm.}$$

Da
$$P = k_b (f_b + f_e \cdot n)$$

wird $P = 28 \left(25.25 + 4 \cdot \frac{1{,}5^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 15\right) = \mathbf{20467}$ kg.

Die Spannung im Eisen $k_e = k_b \cdot n = 28 \cdot 15 = 420$ kg/qcm.

Der Anfänger wird meist nicht imstande sein, für eine gegebene Belastung die richtigen Abmessungen des Beton- sowohl als auch des Eisenquerschnittes von vornherein richtig anzunehmen. Es soll deshalb in dem folgenden Beispiel gezeigt werden, wie man den Querschnitt durch Rechnung bestimmen kann, wenn die Bruchfestigkeit des Betons und die anteilige Verwendung der Eiseneinlage bekannt sind oder angenommen werden. Die letztere wurde bereits unter B zu 0,8—2% des Betonquerschnittes angegeben.

Beispiel. Welche Abmessungen muß eine 5,0 m hohe quadratische Eisenbetonsäule erhalten, wenn dieselbe 30300 kg zentrischen Druck aushalten soll und mit 1% Eiseneinlage versehen wird?

Die Bruchfestigkeit des Betons sei 250 kg/qcm. Damit wird die Betonspannung $k_b = \frac{250}{10} = 25$ kg/qcm. Der Eisenquerschnitt $f_e = 1\%$ von f_b also $\frac{1}{100} f_b$.

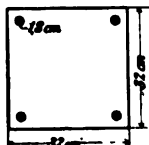


Abb. 163.

Damit wird:
$$P = k_b \left(f_b + 15 \cdot \frac{f_b}{100}\right)$$

und
$$f_b + \frac{15}{100} f_b = \frac{P}{k_b}$$

$$\frac{115}{100} f_b = \frac{P}{k_b}$$

$$f_b = \frac{P \cdot 100}{k_b \cdot 115} = \frac{30300 \cdot 100}{25 \cdot 115} = 1054 \text{ qcm.}$$

Die Seitenlänge $a = \sqrt{1054} \cong 32{,}0$ cm (Abb. 163).

[1]) Nach Versuchen von Bach schwankt dieser Wert etwa zwischen 6 und 15 und ist abhängig von der Güte der Betonmischung.

Der erforderliche Eisenquerschnitt $f_e = \frac{1054}{100} = 10{,}54$ qcm.

Zweckmäßig wählt man 4 Rundeisen, deren Durchmesser aus $\frac{10{,}54}{4} = \frac{d^2\pi}{4}$ zu

$$d = \sqrt{\frac{10{,}54 \cdot 4}{4 \cdot 3{,}14}} \cong 1{,}8 \text{ cm}$$

ermittelt wird.

Die Spannung im Eisen $k_e = k_b \cdot n$ also

$$25 \cdot 15 = 375 \text{ kg/qcm.}$$

27. Knickfestigkeit.

Obwohl bei Eisenbetonkonstruktionen infolge der meist vorhandenen Würfelfestigkeit des Betons ein Ausknicken der Stützen und Pfeiler nur ausnahmsweise zu befürchten ist, soll die Knickfestigkeit nach den Bestimmungen doch nachgewiesen werden, wenn die Höhe mehr als das 18fache der kleinsten Querschnittsabmessung beträgt.

Für die Berechnung benützen wir die Eulerschen Knickungs-Gleichungen.

Die allgemein bekannte Eulersche Formel lautet:

$$P = \frac{a \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J}{s \cdot l^2}$$

Hierbei bezeichnet P die zentrische Belastung in kg

a eine von der Befestigungsart des Stabes abhängende Zahl. (Abb. 164.)
E das Elastizitätsmodul des Materials.
J das Trägheitsmoment des Querschnittes.
s den Sicherheitsgrad und
l die Länge des Stabes in cm.

π^2 setzt man genau genug $= 10$.

Für Berechnung der Eisenbetonkonstruktionen läßt sich diese Formel nicht ohne weiteres anwenden, da E und J verschiedene Größen enthalten und zwar

$$\text{ist } E = E_e + E_e$$
$$\text{und } J = J_b + J_e$$

Damit wird obige Gleichung:

$$P = \frac{a \cdot \pi^2 \cdot (E_b \cdot J_b + E_e \cdot J_e)}{s \cdot l^2}$$

Setzt man hierin wieder wie vorn $\frac{E_e}{E_b} = n$, so wird

$$P = \frac{a \cdot \pi^2 E_e \left(\frac{J_b}{n} + J_e\right)}{s \cdot l^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

a ist je nach der Befestigungsart (vergl. Abb. 164)

$$\frac{1}{4}, \; 1, \; 2 \text{ oder } 4.$$

Damit wird vorstehende Formel, wenn man $E_e = 2\,000\,000$; $n = 15$; $\pi^2 = 10$ und s (Sicherheitsgrad für Beton) $= 10$ setzt, sowie P in Tonnen (t) und l in Metern (m) einführt:

I. Fall. $\frac{J_b}{15} + J_e = 20 \,.\, P \,.\, l^2$ . . . . (4)

II. Fall. $\frac{J_b}{15} + J_e = 5 \,.\, P \,.\, l^2$ . . . . (5)

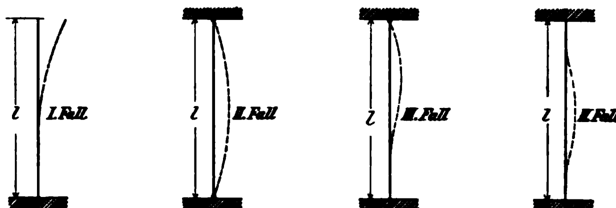


Abb. 164.

III. Fall. $\frac{I_b}{15} + J_e = 2{,}5 \,.\, P \,.\, l^2$ . . . . (6)

IV. Fall. $\frac{J_b}{15} + J_e = 1{,}25 \,.\, P \,.\, l^2$ . . . . (7)

Beispiel. Der im letzten Beispiel auf Druck berechnete Pfeiler ist unter der Voraussetzung, daß er unten und oben festgehalten, aber nicht eingespannt wird, auf Knickfestigkeit zu untersuchen.

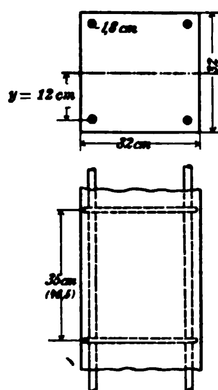


Abb. 165.

Nach dem II. Fall, Gleichung 5 ist

$$P = \frac{\frac{J_b}{15} + J_e}{l^2 \,.\, 5 \,.}$$

$$J_b = \frac{32^4}{12} \text{ cm}^4 \text{ (Trägheitsmoment für } \square \text{ Querschnitt)}$$

$J_e = \frac{d^4 \pi}{64} + f_e \,.\, y^2$, hierbei kann $\frac{d^4 \pi}{64}$ da es sehr klein ist, ohne Bedenken vernachlässigt werden.

Folglich $J_e = 10{,}54 \,.\, 12^2$ (Abb. 165)

und damit die zulässige Belastung:

$$P = \frac{\frac{32^4}{12.15} + 10{,}54 \,.\, 12^2}{5{,}0^2 \,.\, 5} = 58{,}740 \text{ t} = 58\,740 \text{ kg}$$

Da der Pfeiler nur 30 300 kg aufzunehmen hat, ist genügende Sicherheit gegen Ausknicken vorhanden. Damit die Eiseneinlagen für sich nicht ausbiegen (knicken), muß die auf ein Eisen wirkende Druckkraft gleich der Knickkraft gesetzt werden, also

$$P = F \,.\, k_e = \frac{\pi^2 E J}{s \,.\, l^2}$$

und hieraus die zulässige Knicklänge der Eisenstäbe

$$l = \sqrt{\frac{\pi^2 \,.\, E J}{s \,.\, k_e \,.\, F}}$$

Da $J = \frac{d^4 \pi}{64}$ und $F = \frac{d^2 \pi}{4}$ ist, so wird $\frac{J}{F} = \frac{d^2}{16}$

und $l = \sqrt{\frac{\pi^2 E d^2}{s \,.\, k_e \,.\, 16}}$ . . . . (8)

k_e wurde in dem Beispiel zu 25 . 15 = 375 kg/qcm ermittelt.

Damit ergibt sich, wenn s (hier Sicherheitsgrad für Eisen) = 5 gesetzt wird.

$$l = \sqrt{\frac{10 \,.\, 2000000 \,.\, 1{,}8^2}{5 \,.\, 375 \,.\, 16}} = 46{,}5 \text{ cm},$$

d. h. die Eiseneinlagen müssen mindestens in Abständen von 46,5 cm durch wagrechte Bügel verbunden werden. Nach dem unter B Gesagten wird es sich jedoch empfehlen, die Bügelentfernung kleiner, höchstens 35 cm zu nehmen.

28. Biegungsfestigkeit.

Wie bekannt, berechnet sich die Biegungsfestigkeit homogener Körper mit konstantem Elastizitätsmodul nach der allgemeinen Gleichung

$$k = \frac{M}{W}.$$

Macht man bei Berechnung der Eisenbetonkonstruktionen dieselben Annahmen wie für die obige Gleichung, nämlich, daß die einzelnen Querschnitte auch nach der Durchbiegung noch eben sind, so wird die Rechnungsweise dadurch wesentlich vereinfacht. Diese Annahme erscheint um so mehr zulässig, als die nach dieser Richtung hin gemachten Versuche keine großen Abweichungen von den so gewonnenen Rechnungsergebnissen zeigen.

Wird ein gerader Balken auf Biegung beansprucht, so entsteht, wie bekannt, in einem Teile Druck- (D), im andern Teile Zugspannung (Z). Die Druckspannung kann durch den Beton aufgenommen werden, hingegen ist zur Aufnahme der Zugspannungen eine Eiseneinlage erforderlich, denn obgleich auch der Beton eine gewisse Zugspannung aushalten kann, empfiehlt es sich doch, diese zu vernachlässigen, da hierdurch die Rechnungen wesentlich einfacher und die Konstruktionen sicherer werden.

a) Platten.

Zur Ermittelung des inneren Momentes ist der Abstand xh, Abb. 166, der neutralen Achse von Plattenoberkante zu bestimmen.

Bezeichnet S_b die Spannung des Betons im Abstand Eins von der neutralen Achse, so wird die größte Beanspruchung (vergl. Abbildung)

$$k_b = S_b \,.\, xh.$$

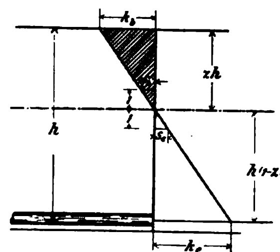


Abb. 166.

Ist ferner S_e die Spannung des Eisens im Abstand Eins, so wird die maximale Spannung desselben

$$k_e = S_e \,.\, (h - xh) = S_e \,.\, h\,(1 - x).$$

Aus beiden Gleichungen folgt:

$$\frac{k_e}{k_b} = \frac{S_e \,.\, h\,(1 - x)}{S_b \,.\, h \,.\, x}.$$

Da $\frac{S_e}{S_b}$ den Elastizitätsgrößen beider Stoffe entspricht, setzen wir wie früher:

$$\frac{S_e}{S_b} = \frac{E_e}{E_b} = n,$$

damit wird

$$\frac{k_e}{k_b} = n\,\frac{(1 - x)}{x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Wählt man nun k_e, k_b und n, so läßt sich aus dieser Gleichung x leicht bestimmen, z. B. $k_e = 1000$ kg/qcm, $k_b = 40$ kg/qcm und n wie oben $= 15$

gibt
$$\frac{1000}{40} = 15 \frac{(1-x)}{x}$$

und daraus
$$x = \frac{3}{8}$$

d. h. die neutrale Achse liegt $\frac{3}{8}$ der Höhe von Plattenoberkante entfernt und nur dieser Teil wird auf Druck beansprucht.

Die Größe des Druckes in einer Ebene wird durch das $\triangle$ ABC (Abb. 167) dargestellt. Ein Prisma, welches dieses sogenannte Spannungsdreieck zur Grundfläche und die Querschnittsbreite b zur Höhe hat, stellt den gesamten Druck D des Betons dar,

demnach
$$D = k_b \cdot \frac{x\,h}{2} \cdot b.$$

Da Druck und Zug gleich groß sind und der Eisenquerschnitt f_e den entstehenden Zug allein aufnehmen soll, muß $f_e \cdot k_e = k_b \cdot \frac{x\,h}{2} \cdot b$ sein, oder wenn $b \cdot h = f_b$ gesetzt wird:

$$f_e = \frac{k_b \cdot x}{k_e \cdot 2} \cdot f_b \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Hieraus ist der Querschnitt des erforderlichen Eisens zu berechnen, wenn der Betonquerschnitt bekannt ist.

Das innere Biegungsmoment M und damit die Plattenhöhe h ergeben sich aus dem Moment des Kräftepaares D Z (Abb. 167).

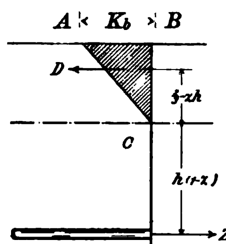


Abb. 167.

Der Abstand dieser Kräfte ist $\frac{2}{3} x h + h(1 - x)$.

Da nun $D = Z$ ist, ergibt sich:

$$M = D \frac{2}{3} x h + D \cdot h(1-x)$$
$$= D \left[\frac{2}{3} x h + h(1-x)\right]$$

Setzt man für D den oben gefundenen Wert ein, so wird

$$M = k_b \cdot \frac{x}{2} \cdot h \cdot b \left[\frac{2}{3} x h + h(1-x)\right]$$

oder
$$M = k_b \cdot \frac{x}{2} \cdot b h^2 \cdot \frac{3-x}{3}.$$

Das Widerstandsmoment für rechteckige Querschnitte ist

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6},$$

folglich
$$M = k_b \cdot x(3-x) \cdot W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Aus dieser Gleichung läßt sich die Plattenhöhe h bestimmen. Zu dieser Höhe h ist noch ein gewisses Maß für Umhüllung der Eiseneinlagen zuzugeben. (Vergl. u. B.)

Beispiel. Eine 3,85 m weitgespannte, freiaufliegende Deckenplatte wird mit 500 kg/qm (Nutzlast und Eigengewicht) belastet. Welche Stärke und Eiseneinlage muß dieselbe erhalten, wenn die Bruchfestigkeit des Betons $= 200$ kg/qcm ist und die zulässige Spannung im Eisen 1000 kg/qcm betragen darf.

k_b kann für Platten gleich $\frac{1}{5}$ der Bruchfestigkeit gesetzt werden, folglich

$$k_b = \frac{200}{5} = 40 \text{ kg/qcm},$$

n sei wie früher = 15.

Das äußere Moment ergibt sich für Balken auf 2 Stützen mit gleichmäßiger Belastung zu

$$M = \frac{Q \cdot l}{8}.$$

Für b = 1,0 m Plattentiefe wird Q = 1,0 . 3,85 . 500 = 1925 kg.

Die Stützweite l ist gleich der Lichtweite + Deckenstärke zu setzen, nimmt man die letztere zu 0,15 m an, so wird l = 3,85 + 0,15 = 4,00 m, somit

$$M = \frac{1925 \cdot 400}{8} = 96250 \text{ cmkg}.$$

Nach Gleichung 9 ist

$$\frac{1000}{40} = 15 \frac{(1-x)}{x}$$

und daraus

$$x = \frac{3}{8}.$$

Nach Gleichung 11 wird:

$$96\,250 = 40 \cdot \frac{3}{8}\left(3 - \frac{3}{8}\right) \cdot \frac{100\,h^2}{6}$$

und

$$h = \sqrt{\frac{96\,250 \cdot 6}{40 \cdot \frac{3}{8}\left(3 - \frac{3}{8}\right) \cdot 100}} \cong 12{,}1 \text{ cm},$$

hierzu als Umhüllung der Eiseneinlagen 1,9 cm, gibt die Plattenhöhe zu 14 cm.

Die erforderliche Eiseneinlage bestimmt sich nach Gleichung 10 zu:

$$f_e = \frac{40}{1000} \cdot \frac{3}{8 \cdot 2} \cdot 100 \cdot 14 = 10{,}5 \text{ qcm}.$$

Wählt man Rundeisen mit 1,2 cm Durchmesser, so muß

$$10{,}5 = x \cdot \frac{1{,}2^2 \cdot \pi}{4} \text{ sein}$$

und

$$x = \frac{10{,}5 \cdot 4}{1{,}2^2 \cdot 3{,}14} = \sim 10 \text{ Stück},$$

d. h. auf 1,00 m Plattentiefe sind 10 Stück anzuordnen, deren Abstände sich dann zu $\frac{100}{10} = 10$ cm ergeben.

Eine wesentliche Vereinfachung dieser Rechnungsweise ist durch umstehende Tabelle, die mit Benutzung der oben entwickelten Formeln berechnet ist, geschaffen.

Tabelle.

$n = 15;\ k_e = 1000$ kg/qcm.

k_b kg/qcm	k_e kg/qcm	Plattenstärke h in cm	Eisenquerschnitt für 1,0 m Plattenbreite: f_e in qcm	Bemerkungen
20	1000	$0{,}0685\ \sqrt{M}$	$0{,}231 . h_1$ [1])	[1]) h_1 ist Plattenhöhe h plus Umhüllung der Eiseneinlage. Die Umhüllung beträgt je nach der Stärke der Eisen 1—2 cm. M ist in cmkg einzusetzen.
22	1000	$0.0632\ \sqrt{M}$	$0{,}273 . h_1$	
25	1000	$0{,}0568\ \sqrt{M}$	$0{,}341 . h_1$	
28	1000	$0{,}0518\ \sqrt{M}$	$0{,}414 . h_1$	
30	1000	$0{,}0490\ \sqrt{M}$	$0{,}466 . h_1$	
32	1000	$0{,}0465\ \sqrt{M}$	$0{,}519 . h_1$	
35	1000	$0{,}0433\ \sqrt{M}$	$0{,}603 . h_1$	
38	1000	$0{,}0410\ \sqrt{M}$	$0{,}690 . h_1$	
40	1000	$0{,}0390\ \sqrt{M}$	$0{,}750 . h_1$	
42	1000	$0{,}0376\ \sqrt{M}$	$0{,}811 . h_1$	
45	1000	$0{,}0357\ \sqrt{M}$	$0{,}907 . h_1$	
48	1000	$0{,}0340\ \sqrt{M}$	$1{,}000 . h_1$	
50	1000	$0{,}0330\ \sqrt{M}$	$1{,}071 . h_1$	

Diese Tabelle läßt sich auch für andere Beanspruchungen im Beton und Eisen leicht erweitern, ebenso kann für n ein anderer Wert, z. B. = 10, eingesetzt werden. Die praktische Anwendung sei an folgendem Beispiel erläutert:

Beispiel. Zur Überdeckung eines Stallraumes soll eine Plattendecke hergestellt werden. Welche Abmessungen und Einlagen muß die Platte erhalten, wenn die Umfassungen 5,0 m Abstand haben und als Nutzlast 500 kg/qm einzuführen sind. Rechnet man vorläufig die Plattenhöhe einschließlich Fußbodenbelag zu 0,20 m und 1 cbm Beton mit Einlage 2400 kg, so wird das Eigengewicht

$$2400 . 0{,}20 . 1{,}0 . 1{,}0 = 480 \text{ kg/qm}$$

und damit die Gesamtbelastung

$$500 + 480 = 980 \text{ kg/qm}.$$

Für 1,0 m Plattentiefe ist

$$Q = 980 . 1{,}0 . 5{,}0 = 4900 \text{ kg}.$$

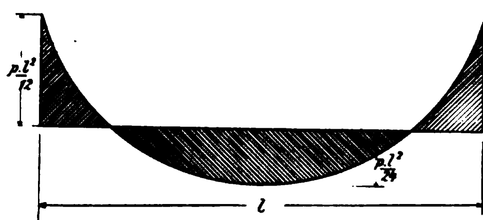


Abb. 168.

Das max. Moment für Plattenmitte, Abb. 168, wird, da durch besondere Anker beiderseitige Einspannung gesichert ist:

$$M = \frac{Q\,l}{24} = \frac{4900 . 500}{24} = 102\,083 \text{ cmkg.} \quad (Q = p . l)$$

Mit $k_b = 40$ kg/qcm und $k_e = 1000$ kg/qcm

wird (vergl. Tabelle) $h = 0{,}039 . \sqrt{102083} = 12{,}5$ cm,

hierzu als Umhüllung 1,5 cm, gibt $h_1 = 12{,}5 + 1{,}5 = 14{,}0$ cm.

Der erforderliche Eisenquerschnitt

$$f_e = 0{,}75 . h_1 = 0{,}75 . 14 = 10{,}50 \text{ qcm}.$$

Wählt man Rundeisen mit 1,2 cm Durchmesser, so berechnet sich die Anzahl der Eisen aus

$$10{,}50 = x \cdot \frac{1{,}2^2 \cdot 3{,}14}{4} \text{ zu } x = \sim 10 \text{ Stück pro lfd. m.}$$

Das Stützmoment, Abb. 168, $M_1 = -\frac{Q \cdot l}{12} = \frac{4900 \cdot 500}{12} = -204\,160$ cmkg, folglich $h = 0{,}039\sqrt{204166} = 17{,}6$ cm $+ 1{,}5$ cm Umhüllung gibt $h_1 = \sim 19$ cm.

Damit $f_e = 0{,}75 \cdot 19 = 14{,}25$ qcm.

Theoretisch sind die größten Momente in diesem Fall nicht genau, denn die Platte und die Einlage müßte dabei überall gleich stark sein. Trotzdem ist diese Berechnungsart zugelassen, ja man sieht in vielen Fällen der Praxis sogar keine Verstärkung der Einlagen an den Einspannungsstellen vor, sondern ordnet hier nur eine ziemlich hohe Voute an. Der Einfachheit halber und um möglichst sicher zu gehen, empfiehlt es sich, bei eingespannten wie auch bei durchgehenden Platten das max-Moment zu $\frac{4}{5}$ des Momentes für Balken auf 2 Stützen also $\frac{4}{5} \cdot \frac{Q \cdot l}{8} = \frac{Q \cdot l}{10}$ anzunehmen.

Die oben angegebenen Gleichungen lassen sich naturgemäß auch zur Berechnung von Balken und Unterzügen aus Eisenbeton anwenden, vorausgesetzt, daß dieselben nicht als Plattenbalken konstruiert werden.

Besonders beachtenswert erscheint noch, daß die Querschnittshöhe durch Verminderung der Spannung im Eisen geringer wird, während die Menge der Einlage wächst. Es liegt demnach bis zu einem gewissen Grade in der Hand des Konstrukteurs, die Platten- und Balkenhöhen den gegebenen Verhältnissen möglichst anzupassen.

b) Plattenbalken.

Die Plattenbalken haben, wie schon vorn bemerkt, den Vorteil, daß auch die Deckenplatte auf eine gewisse Breite zu statischer Mitwirkung kommt. Die neutrale Achse fällt hierbei meist in die Nähe der Plattenunterkante.

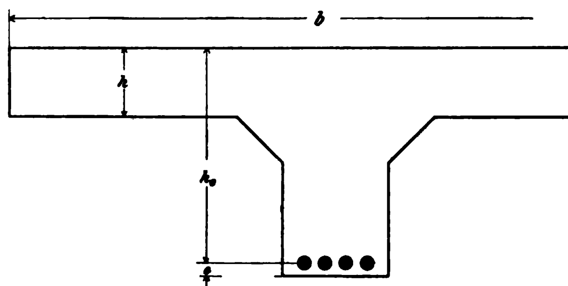


Abb. 169.

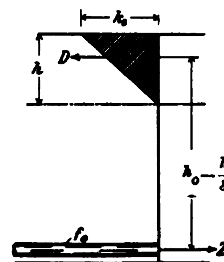


Abb. 170.

Liegt sie innerhalb der Platte, ist also x kleiner als h, so gelten für die Berechnung dieselben Gleichungen, die für einfache Platten angegeben wurden.

Für x gleich h, d. h. die neutrale Achse in Plattenunterkante angenommen gilt, da

$$Z = D$$

und der Abstand dieses Kräftepaares (vergl. Abb. 170) $h_0 - \frac{1}{3}h$ ist

$$M = Z \cdot \left(h_o - \frac{1}{3} h\right)$$

daraus

$$Z = \frac{M}{h_o - \frac{h}{3}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

Weiter folgt aus $Z = f_e \cdot k_e$,

$$k_e = \frac{Z}{f_e} \text{ oder } f_e = \frac{Z}{k_e} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Endlich wird, da $D = Z = k_b \cdot \frac{h}{2} \cdot b$ ist

$$k_b = \frac{2Z}{b \cdot h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Die Gleichungen 12 bis 14 sind besonders für Proberechnungen zu empfehlen, da man mit Hilfe derselben die annähernd richtigen Abmessungen des erforderlichen Beton- und Eisenquerschnittes leicht bestimmen kann.

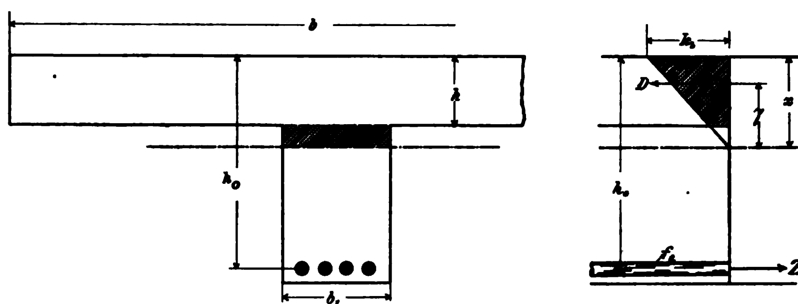


Abb. 171.

Liegt die neutrale Achse innerhalb des Steges, Abb. 171, so wähle man für genauere Berechnungen das nachstehende Verfahren. Auch hierbei sind die geringen im Steg entstehenden Druckspannungen und die Zugspannungen des Betons vernachlässigt.

Alle Bezeichnungen behalten ihre bisherige Bedeutung, f_{e1} stellt hier den auf die Einheit (cm) der wirksamen Plattenbreite reduzierten Eisenquerschnitt dar.

Setzt man wie bei den Platten:

$$\frac{k_e}{k_b} = \frac{E_e (h_o - x)}{E_b \cdot x}$$

so wird mit

$$\frac{E_e}{E_b} = n$$

$$k_e = n \cdot k_b \frac{(h_o - x)}{x}$$

sodann ist da $Z = D$ sein muß:

$$k_e \cdot f_{e1} = k_b \cdot \frac{x}{2} - \frac{k_b (x - h)}{x} \cdot \frac{(x - h)}{2} \quad \text{(Abb 171.)}$$

Für k_e den gefundenen Wert gesetzt, gibt:

$$n \cdot k_b \frac{(h_o - x)}{x} \cdot f_{e1} = k_b \cdot \frac{x}{2} \cdot - k_b \frac{(x - h)^2}{x \cdot 2}$$

und daraus

$$x = \frac{2 \cdot n \cdot h_o \cdot f_{e1} + h^2}{2 (n \cdot f_{e1} + h)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Die Entfernung des Druckmittelpunktes von der neutralen Achse wird nun:

$$y = x - \frac{h}{2} + \frac{h^2}{6(2x - h)} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (16)$$

Damit lassen sich die Druckkräfte $D = Z$ und die Spannungen k_e und k_b bestimmen, denn

$$M = D(h_o - x + y)$$

daraus

$$D = Z = \frac{M}{h_o - x + y} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (17)$$

$$k_e = \frac{Z}{f_e} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (18)$$

und

$$k_b = \frac{k_e \cdot x}{n(h_o - x)} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (19)$$

Beispiel. Die Plattenbalken einer Straßenbrücke haben 8,00 m Spannweite und von Mitte zu Mitte, 3,00 m Abstand. Als Nutzlast sind 640 kg/qm anzunehmen. Die Berechnung der Platte soll mit $k_b \cong 32$ kg/qcm und $k_e \cong 1000$ kg/qcm erfolgen, während für den Balken die Betonspannung k_b 30 kg/qcm nicht überschreiten soll.

a) Platte.

Spannweite 3,00 m; Eigengewicht der Platte einschließlich Überschüttung und Fahrbahnbefestigung 1060 kg/qm.

Belastung. $Q = 3{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1700 = 5100$ kg.

Das max. Moment wird, da die Platte als durchgehend angesehen werden kann zu $\frac{4}{5} \cdot \frac{Q \cdot l}{8} = \frac{Q \cdot l}{10}$ angenommen.

$$M = \frac{5100 \cdot 300}{10} = 153000 \text{ cm/kg}.$$

Nach Tabelle I wird $h = 0{,}0465 \cdot \sqrt{153000} \cong 18$ cm, hierzu 1,0 cm Umhüllung gibt die Plattenstärke $h_1 = 18 + 1 = 19$ cm.

Die erforderliche Eiseneinlage $f_e = 0{,}519 \cdot 19 = 9{,}86$ qcm.

Wählt man Rundeisen mit 1,2 cm Durchmesser, so muß sein:

$$9{,}86 = x \cdot \frac{1{,}2^2 \, 3{,}14}{4}$$

und daraus $x = 9$ Stück pro lfd. m.

b) Plattenbalken.

Annahme (Abb. 172):

Balkenbreite 0,30 m,

Balkenhöhe h_o + Umhüllung 70 cm,

Spannweite 8,0 m,

Eigengewicht des Steges somit:

$0{,}30 \cdot 0{,}51 \cdot 2400 = 367$ kg/lfd. m,

Gesamtbelastung:

$3{,}0 \cdot 8{,}0 \cdot 1700 + 8{,}0 \cdot 367 = 43\,740$ kg.

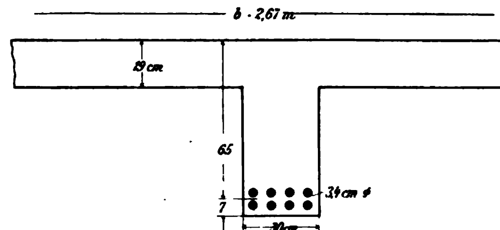


Abb. 172.

Da die Balken frei aufliegen wird

$$M_{max} = \frac{Q\,l}{8} = \frac{43\,740 \cdot 800}{8} = 4\,374000 \text{ cm/kg}$$

Als wirksame Plattenbreite ist $\frac{1}{3}$ der Spannweite einzuführen

$$b = \frac{1}{3} . 8{,}0 = 2{,}67 \text{ m}$$

I. Die neutrale Achse in Plattenunterkante angenommen.

Nach Gleichung 12 wird

$$Z = \frac{4\,374\,000}{65 - \frac{19}{3}} = 74\,550 \text{ kg}$$

Mit $k_e = 1000$ kg/qcm wird $f_e = \frac{74\,550}{1000} = \sim 74$ qcm.

Nach Gleichung 14 wird

$$k_b = \frac{2 . 74\,550}{267 . 19} = 29{,}39 \text{ kg/qcm.}$$

Da k_b bis 30 kg/qcm betragen darf, sind die Balkenabmessungen richtig gewählt, im anderen Falle wäre jetzt eine weitere Annahme zu machen und die einfache Rechnung zu wiederholen.

II. Genauere Berechnung. Da nach obigem $f_e = 74$ qcm ist, werden 8 Rundeisenstäbe mit 3,4 cm Durchmesser gewählt.

Damit wird

$$f_e = 8 . \frac{3{,}4^2 . 3{,}14}{4} = 72{,}60 \text{ qcm}$$

und

$$f_{e1} = \frac{72{,}60}{267} = 0{,}272.$$

Da ferner $n = 15$

$h_0 = 65$ cm

und $h = 19$ cm ist, wird $x = \frac{2 . 15 . 65 . 0{,}272 + 19^2}{2(15 . 0{,}272 + 19)} = 19{,}31$ cm

$$y = 19{,}31 - \frac{19}{2} + \frac{19^2}{6(2 . 19{,}31 - 19)} = 11{,}88 \text{ cm}$$

$$Z = \frac{4\,374\,000}{65 - 19{,}31 + 11{,}88} = 75\,977 \text{ kg}$$

$$k_e = \frac{75\,977}{72{,}60} = 1047 \text{ kg/qcm}$$

$$k_b = \frac{1047 . 19{,}31}{15(65 - 19{,}31)} = 29{,}47 \text{ kg/qcm}$$

(Berechnung der Bügel siehe später.)

Ein Vergleich der gefundenen Spannungen mit dem zuerst ermittelten läßt erkennen, daß es in solchen Fällen genau genug ist, wenn die neutrale Achse in Plattenunterkante angenommen wird. Um vollständig sicher zu gehen, empfiehlt es sich, nach der ersten Berechnung noch x genau zu bestimmen, zeigt dieser Wert nur geringe Abweichungen von h, so kann die weitere Rechnung ohne Bedenken unterbleiben.

29. Schubspannungen.

Unmittelbare Abscherung [1]).

Wird ein Eisenbetonquerschnitt auf Abscheren beansprucht, so verteilen sich die Schubspannungen ähnlich wie bei Druck über die Querschnitte beider Stoffe. Die Anteile verhalten sich auch hier wie die elastischen Widerstände und werden mit

$$\frac{E_e}{E_b} = n$$

für Beton
$$k_{bs} = \frac{S}{f_b + f_e \cdot n} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (20)$$

und für Eisen
$$k_{es} = \frac{S}{\frac{f_b}{n} + f_e} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (21)$$

Hierbei bedeuten wie früher f_b und f_e die Querschnittsflächen und S die in denselben wirkende Schubkraft.

Abscherung in Platten und Plattenbalken.

a) Platten.

Die Schubkraft ist bei den auf Biegung beanspruchten Platten und Balken bekanntlich über den Auflagern am größten. Sie erzeugt Spannungen, die in der neutralen Achse des Betonquerschnittes und am Umfange der Eiseneinlage auf Abscheren wirken.

Bezeichnet S die Schubkraft für einen beliebigen Querschnitt und $h - \frac{xh}{3}$ den Abstand von D und Z (Abb. 173), so besteht die Momentengleichung:

$$D \cdot \left(h - \frac{xh}{3}\right) = S \cdot 1{,}00$$

und daraus

$$D = \frac{S \cdot 1{,}00}{h - \frac{xh}{3}}$$

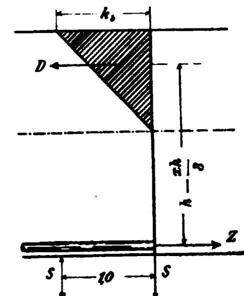


Abb. 173.

Ist b die Breite des betreffenden Querschnittes, so wird die größte Schubspannung k_s, die in der neutralen Schicht wirkt:

$$k_s = \frac{D}{b \cdot 1{,}0} = \frac{S \cdot 1{,}0}{\left(h - \frac{xh}{3}\right) b}$$

oder
$$k_s = \frac{3\,S}{b \cdot h\,(3 - x)} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (22)$$

Zur Bestimmung der am Umfang der Eiseneinlage wirkenden Schubspannung k_{s_1} (Haftspannung) ist die Zugkraft Z durch die pro Längeneinheit auf der Breite b vorhandene Eisenoberfläche U zu dividieren.

---

[1]) Koenen, Grundzüge für die statische Berechnung der Beton- und Eisenbeton-Konstruktionen.

Das $Z = D$ ist kann man auch setzen:

$$k_{s1} . U = D$$

und damit
$$k_{s1} = \frac{3\,S}{h\,(3 - x)\,.\,U} \qquad (23)$$

Beispiel. Wie groß ist die Schubspannung k_s in der neutralen Schicht und k_{s1} am Eisenumfang der auf Seite 81 berechneten Eisenbetonplatte über den Auflagern?

Die Schubkraft S ist gleich dem Auflagerdruck A

$$A = \frac{3{,}0\,.\,1{,}0\,.\,1700}{2} = 2550 \text{ kg}$$

Plattenbreite $b = 100$ cm
Plattenhöhe $h = 19$ cm
Abstand der neutralen Faser nach Gl. 9 $x = 0{,}310$

$$k_s = \frac{3\,.\,2550}{100\,.\,19\,(3 - 0{,}310)} = 1{,}50 \text{ kg/qcm.}$$

Der Umfang U der Eiseneinlagen auf die Breite $b = 1{,}2\,.\,3{,}14\,.\,9 = 33{,}91$ qcm.
Damit wird die Haftspannung

$$k_{s1} = \frac{3\,.\,2550}{19\,(3 - 0{,}310)\,33{,}91} = 4{,}41 \text{ kg/qcm.}$$

Allgemein kann angenommen werden, daß bei gewöhnlichen Platten die Schubspannungen sehr klein sind und ihre Berechnung deshalb entbehrlich erscheint. Aus demselben Grunde sind auch bei Platten keine Bügel notwendig. Zeigt die Haftspannung einen größeren Wert als 5,0 kg/qcm, so empfiehlt es sich, die Eisen an den Auflagern abzubiegen. Im vorliegenden Falle wäre dies jedoch nicht notwendig, da die Eisen bei durchgehenden Platten ohnehin in die Nachbarfelder überführt und so die Spannungen in weniger beanspruchte Teile übertragen werden.

b) **Plattenbalken** (Bügelberechnung).

Bei den Plattenbalken werden die Schubspannungen besonders im Balken selbst ziemlich groß, so daß zu ihrer Aufnahme vielfach besondere Einlagen notwendig werden. Diese aus Rund- oder Flacheisen hergestellten Bügel übertragen die bedeutenden Schubkräfte, die in der Nähe der neutralen Faser entstehen, auf weniger beanspruchte Teile. Sie entlasten also die gefährlichen Stellen und werden bei praktischen Ausführungen in manchen Fällen so stark gewählt, daß sie die gesamten Schubspannungen übertragen können.

Die Größe der Schubspannung läßt sich in der für Platten angegebenen Weise ermitteln. An Stelle der Plattenbreite b tritt hier die Breite des Balkens b_1 und der Hebelarm von D wird $h_o - \frac{h}{3}$. Abb. 174.

Werden die übrigen Bezeichnungen wie dort gewählt, so ist:

$$k_s = \frac{S}{b_1\left(h_o - \frac{h}{3}\right)} \qquad (24)$$

und
$$k_{s1} = \frac{S}{\left(h_o - \frac{h}{3}\right)U} \qquad (25)$$

Beispiel. Welche Schubspannung entsteht bei dem auf Seite 81 berechneten Plattenbalken über den Auflagern und wie groß ist die Haftspannung an den Eiseneinlagen?

Die Schubkraft $S = A = \frac{43\,740}{2} = 21\,870$ kg.

Die Balkenbreite $b_1 = 30$ cm. Abb. 175.

$h_0 = 65$ cm

$h = 19$ cm

und damit $k_s = \frac{21\,870}{30\left(65 - \frac{19}{3}\right)} = 12{,}42$ kg/qcm.

Da der Beton nur mit 4,5 kg/qcm beansprucht werden soll, sind rund 8,0 kg, durch Bügel oder abgebogene Eisen zu übertragen.

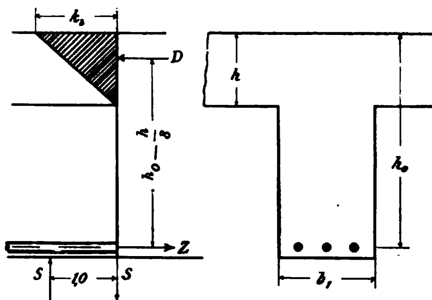


Abb. 174.

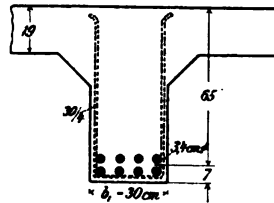


Abb. 175.

Werden die Bügel aus Flacheisen $^{30}/_{4}$ mm hergestellt, so ist der doppelte Querschnitt eines Bügels

$$2 \,.\, 3{,}0 \,.\, 0{,}4 = 2{,}4 \text{ qcm}.$$

Rechnet man die zulässige Schubbeanspruchung für Eisen $k_{es} = 800$ kg/qcm, so kann ein Bügel

$$2{,}4 \,.\, 800 = 1920 \text{ kg}$$

übertragen.

Die Entfernung derselben bestimmt sich, da die aufzunehmende Schubkraft pro Längeneinheit

$$30 \,.\, 8 = 240 \text{ kg}$$

beträgt, zu

$$e = \frac{1920}{240} = 8 \text{ cm}.$$

Dieser Abstand wird nach der Mitte zu größer, da die Schubkraft abnimmt.

So ist S 2,0 m vom Auflager $= 21\,870 - 2 \,.\, 5467 = 10\,936$ kg und

$$k_s = \frac{10\,936}{30\left(65 - \frac{19}{3}\right)} = 6{,}21 \text{ kg/qcm}.$$

Hier sind demnach nur noch $6{,}2 - 4{,}5 = 1{,}7$ kg/qcm durch Bügel aufzunehmen.

Ihre Entfernung wird somit $e = \frac{1920}{30 \,.\, 1{,}7} = 37$ cm.

Die Haftspannung am Auflager wird mit $U = 8 \,.\, 3{,}4 \,.\, 3{,}14 = 85{,}41$ qcm

$$k_s = \frac{21\,870}{\left(65 - \frac{19}{3}\right) 85{,}41} = 4{,}36 \text{ kg/qcm.}$$

Diese immerhin etwas umständliche Rechnungsweise kann noch wie folgt vereinfacht werden.

Behalten b_1 und $h_o - \frac{h}{3}$ ihre bisherige Bedeutung und bezeichnet k_{bs} die zulässige Schubspannung des Betons, so ist die Schubkraft, die der Beton pro lfd. cm aufnehmen kann

$$S_b = k_{bs} \,.\, b_1 \left(h_o - \frac{h}{3}\right)$$

Ist ferner k_{es} wieder die zulässige Schubspannung im Eisen, f_s der gesamte Querschnitt der in einer Ebene vorhandenen Bügel und e die Entfernung der letzteren, so ist die Schubkraft, welche pro lfd. cm vom Eisen aufgenommen wird:

$$S_e = \frac{f_s \,.\, k_{es} \left(h_o - \frac{h}{3}\right)}{e}$$

Die gesamte Schubkraft pro lfd. cm darf somit

$$S = S_b + S_e = b_1 \,.\, k_{bs} \left(h_o - \frac{h}{3}\right) + \frac{f_s \,.\, k_{es} \left(h_o - \frac{h}{3}\right)}{e}$$

werden.

Daraus ergibt sich die Bügelentfernung

$$e = \frac{f_s \,.\, k_{es}}{\frac{S}{h_o - \frac{h}{3}} - b_1 \,.\, k_{bs}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

Aufgabe. Die im letzten Beispiel berechneten Abstände sind nach Gleichung 26 zu kontrollieren.

Die Schubkraft S über dem Auflager war 21870 kg

$f_s = 2{,}4$ qcm

$k_{es} = 800$ kg/qcm

$b_1 = 30$ cm $\quad h_o - \frac{h}{3} = 65 - \frac{19}{3} = 58{,}7$ cm

$k_{bs} = 4{,}5$ kg/qcm.

Mit Einsetzen dieser Werte wird

$$e = \frac{2{,}4 \,.\, 800}{\frac{21\,870}{58{,}7} - 30 \,.\, 4{,}5} = 8{,}08 \text{ cm.}$$

In 2 m Abstand vom Auflager war $S = 10936$ kg. Damit wird

$$e = \frac{2{,}4 \,.\, 800}{\frac{10\,936}{58{,}7} - 30 \,.\, 4{,}5} = 37 \text{ cm.}$$

Beide Werte sind mit den früher berechneten übereinstimmend.

30. Die Spannungen in Gewölben.

Trotz eingehender Untersuchungen ist es bisher noch nicht gelungen die Spannungen, die in Gewölben mit Eiseneinlagen auftreten, theoretisch genau festzustellen. Zwar wurden auch hierfür schon verschiedene Theorien entwickelt, doch zeigen sich die einzelnen in ihrer Anwendung meist so umständlich und zeitraubend, daß sie in einfachen praktischen Fällen kaum Anwendung finden.

Mit Rücksicht darauf soll in folgendem nur eine annähernd richtige Berechnung angeführt werden. Die Praxis und die verschiedenen Versuche haben zur Genüge bewiesen, daß Gewölbe, die überall dort, wo Zugspannungen auftreten, mit Einlage versehen sind, auch bei äußerst geringen Stärken eine ganz bedeutende Tragfähigkeit besitzen. Die Untersuchung geschieht dabei in der Regel nach denselben Gesichtspunkten, wie diejenige für gewöhnliche Gewölbe. Man betrachtet die ganze Wölbstärke als gleichartiges Material (Beton) und läßt die Einlagen bei Bestimmung der Druckspannungen ganz außer acht.

Für etwaige Zugspannungen hingegen setzt man den vorhandenen Eisenquerschnitt in Rechnung. Der letztere wird dabei meist so gewählt, daß er alle Zugspannungen, die im ungünstigsten Fall entstehen, allein aufnehmen kann.

Es wird vorausgesetzt, daß dem Leser die allgemeinen Regeln, nach denen die Untersuchung der gewöhnlichen Gewölbe erfolgen muß, gleichviel, ob nach der Stützlinien- oder Elastizitätstheorie, bekannt sind. Dieselbe wird auch hier, wie schon oben erwähnt, ohne jede Abweichung angewandt. Nachdem die äußeren Kräfte, die in den einzelnen Querschnitten wirken, bestimmt sind, wählt man zur Berechnung der Kantenpressungen zweckmäßig die bekannte Gleichung:

$$k = \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W}.$$

Hierin bedeutet P die lotrechte Komponente (Seitenkraft) der einwirkenden Kraft in kg, F die Querschnittsfläche in qcm, M das Moment, welches durch die Kraft P erzeugt wird, wenn diese außerhalb der Achse angreift und W das Widerstandsmoment des vorhandenen Querschnittes.

Setzt man in dieser Gleichung das Moment $M = P \,.\, e$, ferner $F = 100 \,.\, b$ (Fugenbreite b in cm auf 100 cm Gewölbetiefe) und $W = \frac{100 \,.\, b^2}{6}$ so wird, wenn k_d die Druckspannung und k_z die Zugspannung bezeichnet:

$$k_d = \frac{P}{100 \,.\, b} + \frac{P \,.\, e}{\frac{100\, b^2}{6}}$$

oder

$$k_d = \frac{P}{100\, b}\left(1 + \frac{6\, e}{b}\right) = \text{kg/qcm} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

und ohne Rücksicht auf die Eiseneinlage

$$k_z = \frac{P}{100 \,.\, b}\left(1 - \frac{6\, e}{b}\right) = \text{kg/qcm} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

Für die gesamte Zugkraft Z, die in der so beanspruchten Lagerfuge b auftritt und durch Eiseneinlagen aufzunehmen ist, gilt dann:

$$Z = \frac{b}{2} \cdot \frac{k_z^2}{k_d - k_z} = t \text{ (Tonnen)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

Hierin ist b in Dezimetern, k_z und k_d in kg/qcm zu setzen. Nachdem Z gefunden ist, läßt sich die erforderliche Einlage leicht berechnen, da wie früher $Z = f \,.\, k_e$ sein muß.

Beispiel. Für ein 20,0 m weitgespanntes Eisenbetongewölbe, welches mit Hilfe der Stützlinientheorie untersucht wurde, ergab sich bei 20 cm Scheitel- und 25 cm Kämpferstärke im Scheitel ein Horizontalschub von 36000 kg. Es würde somit bei gleichmäßiger Druckverteilung (die Stützlinie fällt mit Fugenmitte zusammen) eine Spannung

$$k = \frac{P}{F} = \frac{36000}{100\,.\,20} = 18{,}0 \text{ kg/qcm}$$

entstehen.

Die Untersuchung zeigt aber, daß der Durchgangspunkt der Stützlinie im Scheitel 5,4 cm von der Fugenmitte nach oben zu entfernt liegt. Somit ergibt sich

nach Gleichung 27 $$k_d = \frac{36000}{100\,.\,20}\left(1 + \frac{6\,.\,5{,}4}{20}\right) = 47{,}16 \text{ kg/qcm}$$

und nach Gleichung 28 $$k_z = \frac{36000}{100\,.\,20}\left(1 - \frac{6\,.\,5{,}4}{20}\right) = 11{,}16 \text{ kg/qcm}$$

und nach Gleichung 29 $$Z = \frac{2{,}0}{2} \cdot \frac{11{,}16^2}{47{,}16 - 11{,}16} = 3{,}46 \text{ t oder } 3460 \text{ kg.}$$

Wählt man k_e der größeren Sicherheit halber nur 600 kg/qcm, so wird

$$f_e = \frac{3460}{600} = 5{,}8 \text{ qcm}$$

und die Anzahl der Stäbe, wenn Rundeisen mit 1 cm Durchmesser Verwendung finden

$$5{,}8 = x \frac{1{,}0^2 \pi}{4}$$

$$x = \frac{5{,}8\,.\,4}{1{,}0^2\,.\,3{,}14} = 7{,}4 \sim 8 \text{ Stück pro lfd. m Gewölbetiefe.}$$

Die Entfernung der einzelnen, an der inneren Laibung anzubringenden Stäbe wird dann $\frac{100}{8} = 12{,}5$ cm.

Wie schon oben erwähnt, ist diese Berechnungsart nicht ganz einwandsfrei, doch wird sie in gewöhnlichen Fällen und bei kleineren Spannweiten vollständig genügen.

Im Anschluß an die oben angeführten Berechnungsweisen sollen die Formeln, welche durch Bestimmung des Kgl. Preußischen Ministeriums für Eisenbetonkonstruktion empfohlen werden, noch Aufnahme finden. Dieselben eignen sich, soweit Platten und Plattenbalken in Frage kommen, mehr zur Prüfung gegebener Konstruktionen, da die Plattenhöhe und auch die erforderlichen Einlagen in jedem Fall angenommen werden müssen.

31. Rechnungsverfahren nach den Bestimmungen.

A. Reine Biegung.

Bei einfacher Eiseneinlage vom Querschnitt f_e auf die Platten- oder Balkenbreite b ergibt sich, wenn das Verhältnis der Elastizitätsmaße des Eisens und des Betons mit n bezeichnet wird, der Abstand der Nullinie von der Oberkante aus der Gleichung der statischen Momente der Flächenelemente für die Nullinie, Abb. 176:

$$\frac{b\,x^2}{2} = n\,f_e\,(h - a - x) \text{ zu}$$

$$x = \frac{n f_e}{b}\left[\sqrt{1 + \frac{2 b (h - a)}{n f_e}} - 1\right] \qquad \text{(30)}$$

Aus der Gleichsetzung der Momente der äußeren und inneren Kräfte folgt dann

$$M = \sigma_b \cdot \frac{x}{2} \cdot b \left(h - a - \frac{x}{3}\right) = \sigma_e f_e \left(h - a - \frac{x}{3}\right)$$

worin σ_b die größte Betonspannung und σ_e die mittlere Eisenzugspannung bedeutet.

Hieraus folgt:

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot M}{b \cdot x \left(h - a - \frac{x}{3}\right)} \qquad \text{(31)}$$

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e \left(h - a - \frac{x}{3}\right)} \qquad \text{(32)}$$

Bei Tförmigen Querschnitten, sogen. Plattenbalken unterscheidet sich die Berechnung nicht von der vorigen, wenn die Nullinie in die Platte selbst oder in die Unterkante der Platte fällt.

Geht die Nullinie durch den Steg, so können die geringen, im Steg auftretenden Druckspannungen vernachlässigt werden.

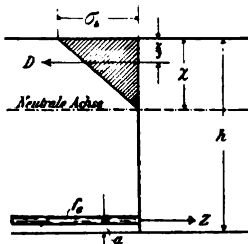


Abb. 176.

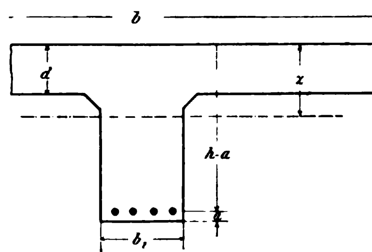


Abb. 177.

Dann ist, vergl. Abb. 177,

$$\sigma_u = \sigma_o \cdot \frac{x - d}{x}$$

$$\sigma_e = n \sigma_o \frac{h - a - x}{x}$$

$$\frac{\sigma_o + \sigma_u}{2} \cdot \frac{b d}{2} = \sigma_e f_e$$

oder nach Einsetzen der angegebenen Werte von σ_o, σ_u und σ_e:

$$x = \frac{(h - a) n f_e + \frac{b d^2}{2}}{b d + n f_e} \qquad \text{(33)}$$

Da der Abstand des Schwerpunktes des Drucktrapetzes von der Oberkante

$$x - y = \frac{d}{3} \frac{\sigma_o + 2 \sigma_u}{\sigma_o + \sigma_u}$$

ist, so wird nach Einsetzen der angegebenen Werte von σ_u:

$$y = x - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{6 (2 x - d)} \qquad \text{(34)}$$

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e(h - a - x + y)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (35)$$

$$\sigma_o = \sigma_e \cdot \frac{x}{n(h - a - x)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (36)$$

B. Zentrischer Druck.

Ist F der Querschnitt der gedrückten Betonfläche und f_e der der gesamten Eiseneinlage, so wird die zulässige Belastung:

$$P = \sigma_b (F + n f_e) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (37)$$

$$\sigma_b = \frac{P}{F + n f_e} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (38)$$

$$\sigma_e = n \sigma_b = \frac{n \cdot P}{F + n f_e} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (39)$$

C. Exzentrischer Druck.

Die Berechnung erfolgt wie bei homogenen Baustoff, wenn in den Ausdrücken für die Querschnittsfläche und das Trägheitsmoment der Querschnitt der Eiseneinlagen

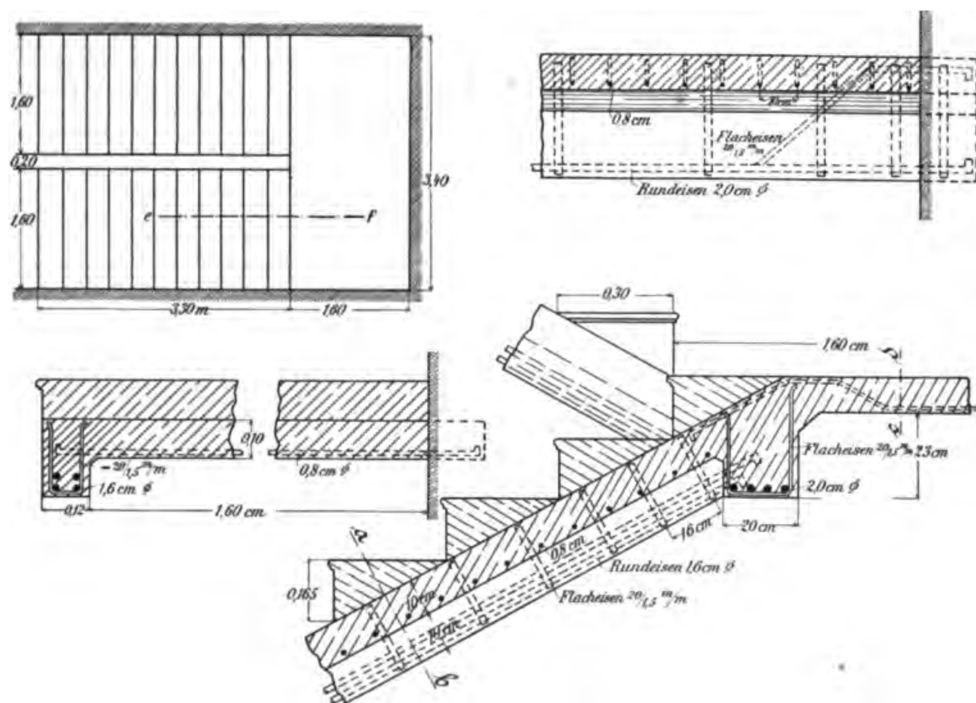


Abb. 178—181.

mit seinem n fachen Werte zum Betonquerschnitt hinzugerechnet wird. Auftretende Zugspannungen müssen durch die Eiseneinlagen aufgenommen werden können.

B e i s p i e l e. Als Anwendungsbeispiel für die eben angeführten Gleichungen soll die in Abbildung 178 bis 181 dargestellte Eisenbetontreppe (2armige Podesttreppe) berechnet werden.

I. Platte für den Treppenlauf.

Belastung:	Menschengedränge	500 kg/qm
	Eigengewicht 1,0 . 1,0 . 0,1 . 2400 =	240 kg
	Stufengewicht (Beton)	174 „
	Sa.	914 = ∼ 920 kg/qm.

Belastung der Platte: $Q = 920 . 1{,}6 . 1{,}0 = 1472$ kg

Spannweite $l = 1{,}60 + \text{Plattenstärke (10 cm)} = 1{,}70$ m

$$M = \frac{Q\,l}{8} = \frac{1472 \,.\, 170}{8} = 31280 \text{ cm/kg.}$$

Da die Plattenhöhe und die erforderliche Einlage mit den zuletzt angeführten Gleichungen nicht direkt bestimmt werden kann, ist angenommen $h = 10{,}0$ cm, Umhüllung $a = 1{,}5$ cm und Einlage $f_e = 4{,}65$ qcm.

Damit ergibt sich, wenn $n = 15$ und als Plattenbreite $b = 1{,}0 = 100$ cm gesetzt wird, nach Gleichung 30:

$$x = \frac{15 \,.\, 4{,}65}{100}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \,.\, 100(10 - 1{,}5)}{15 \,.\, 4{,}65}} - 1\right] = 2{,}818 \text{ cm}$$

nach Gleichung 31 wird dann

$$k_b = \frac{2 \,.\, 31280}{100 \,.\, 2{,}82\left(10 - 1{,}5 - \frac{2{,}82}{3}\right)} = 29{,}35 \text{ kg/qcm}$$

und nach Gleichung 32:

$$k_e = \frac{31280}{4{,}65\left(10 - 1{,}5 - \frac{2{,}82}{3}\right)} = 890 \text{ kg/qcm.}$$

II. Platte für das Podest.

Belastung:	Nutzlast	500 kg/qm
Eigengewicht:	10 cm starke Platte + 2 cm Zementestrich = 0,12 . 1,0 . 1,0 . 2400 =	288 kg
	Zusammen	788 = ∼ 790 kg/qm.

$$Q = 790 \,.\, 1{,}0 \,.\, 1{,}6 = 1264 \text{ kg}$$

$$M = \frac{Q \,.\, l}{8} = \frac{1264 \,.\, 170}{8} = 26860 \text{ cm/kg.}$$

Wählt man $h = 9$ cm, $a = 1{,}2$ cm und $f_e = 4{,}2$ qcm, so wird

$$x = \frac{15 \,.\, 4{,}2}{100}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \,.\, 100\,(9 - 1{,}2)}{15 \,.\, 4{,}2}} - 1\right] = 2{,}57 \text{ cm}$$

$$k_b = \frac{2 \,.\, 26860}{100 \,.\, 2{,}57\left(9 - 1{,}2 - \frac{2{,}57}{3}\right)} = 30{,}11 \text{ kg/qcm}$$

und

$$k_e = \frac{26860}{4{,}2\left(9 - 1{,}2 - \frac{2{,}57}{3}\right)} = 921{,}60 \text{ kg/qcm.}$$

III. Der Wangenträger.

Belastung: Nutzlast und Platte = 920 kg/qm

$Q_1 = 920 . 3{,}30 . 0{,}80 =$ 2429 kg

Eigengewicht: $Q_2 = 0{,}10 . 0{,}12 . 3{,}3 . 2400 =$ 95 „

$Q =$ Sa. $2524 \cong 2530$ kg

$$M = \frac{Q\,l}{8} = \frac{2530 . 330}{8} = \sim 104360 \text{ cm/kg.}$$

Angenommen 4 Rundeisen mit 1,6 cm Durchmesser.

Damit wird $$f_e = 4 . \frac{1{,}6^2 . 3{,}14}{4} = \sim 8 \text{ qcm.}$$

Balkenhöhe $h = 20{,}0$ cm, $a = 3{,}0$ cm, Abb. 182.

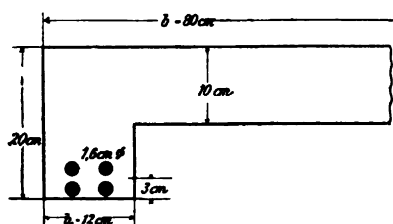


Abb. 182.

Da die neutrale Achse in die Platte fällt, geschieht die Berechnung nach den Gleichungen 30 bis 32.

$$x = \frac{15 . 8}{80}\left[\sqrt{1 + \frac{2 . 80 (20 - 3)}{15 . 8}} - 1\right] = 5{,}78 \text{ cm}$$

$$k_b = \frac{2 . 104360}{80 . 5{,}78\left(20 - 3 - \frac{5{,}78}{3}\right)} = 29{,}95 \text{ kg/qcm}$$

$$k_e = \frac{104360}{8\left(20 - 3 - \frac{5{,}78}{3}\right)} = 866 \text{ kg/qcm.}$$

Bügelberechnung. Nach den Bestimmungen ist die Schubspannung

$$\tau = \frac{V}{b_1\left(h - a - \frac{x}{3}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (40)$$

die Schubkraft V am Auflager $= \frac{2530}{2} = 1265$ kg, somit

$$\tau = \frac{1265}{12\left(20 - 3 - \frac{5{,}78}{3}\right)} = \sim 7 \text{ kg/qcm.}$$

Da die Schubspannung im Beton nur 4,5 kg/qcm betragen darf, sind $7{,}0 - 4{,}5 = 2{,}5$ kg/qcm durch Bügel aufzunehmen.

Wählt man Flacheisen 20 . 1,5 mm, so wird der doppelte Querschnitt

$$f_e = 2 . 2{,}0 . 0{,}15 = 0{,}6 \text{ qcm.}$$

Setzt man die Schubspannung des Eisens $k_s = 800$ kg/qcm, so überträgt ein Bügel $800 . 0{,}6 = 480$ kg.

Damit wird die Bügelentfernung

$$V = \frac{480}{2{,}5 . 12} = 16 \text{ cm.}$$

Die Haftspannung am Auflager ergibt sich, da die vorhandene Schubkraft $7{,}0 . 12 = 84$ kg/lfd. cm und der Eisenumfang $4 . 1{,}6 . 3{,}14 = 20{,}1$ qcm beträgt zu

$$\tau = \frac{84}{20{,}1} = 4{,}17 \text{ kg/qcm.}$$

IV. Podestträger. (Abb. 183.)

Belastung: Gleichmäßig verteilt $0{,}80 \,.\, 3{,}40 \,.\, 790 = 2149$ kg
Balkengewicht $= 340$ „
Zus. 2500 kg.

$$A = \frac{2500}{2} + 1265 = 2515 \text{ kg}$$

$$M = 2515 \,.\, 180 - \frac{2500}{340} \,.\, 170 \,.\, \frac{170}{2} - 1265 \,.\, 16 = \mathbf{326210} \text{ cm/kg.}$$

Angenommen: 4 Rundeisen mit 2,0 cm Durchmesser gibt

$$f_e = 4 \,.\, \frac{2{,}0^2 \,.\, 3{,}14}{4} = 12{,}56 \sim 12{,}6 \text{ qcm, Balkenhöhe } h = 32 \text{ cm, } a = 2 \text{ cm.}$$

Da nach Maßgabe einer Proberechnung die neutrale Achse außerhalb der Platte liegt, wird nach Gleichung 33

$$x = \frac{(32-2) \,.\, 15 \,.\, 12{,}6 + \frac{80 \,.\, 9^2}{2}}{80 \,.\, 9 + 15 \,.\, 12{,}6} = 9{,}8 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 34

$$y = 9{,}8 - \frac{9}{2} + \frac{9^2}{6\,(2 \,.\, 9{,}8 - 9)} = 6{,}57 \text{ cm.}$$

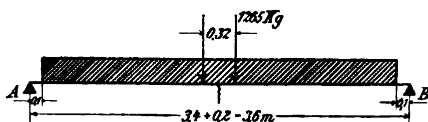


Abb. 183.

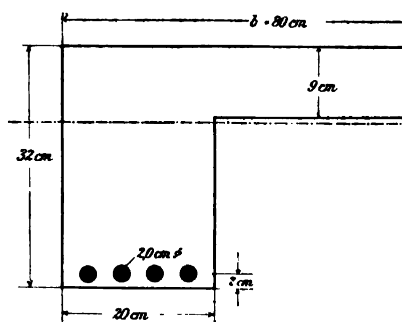


Abb. 184.

Gleichung 35: $$k_e = \frac{326210}{12{,}6\,(32 - 2 - 9{,}8 + 6{,}57)} = 967 \text{ kg/qcm.}$$

Gleichung 36: $$k_b = 967 \frac{9{,}8}{15\,(32 - 2 - 9{,}8)} = 31{,}28 \text{ kg/qcm.}$$

Die Schubspannung am Auflager ergibt sich nach Gleichung 40 mit $V = A = 2515$ kg

zu $$\tau = \frac{2515}{20\left(32 - 2 - \frac{9{,}8}{3}\right)} = 4{,}70 \text{ kg/qcm.}$$

Da diese Spannung die zulässige (4,5) nur um ein geringes Maß überschreitet, sind keine Bügel erforderlich. Wenn für die Ausführung trotzdem Bügel vorgesehen sind, so geschah dies nur aus konstruktiven Gründen.

Die Haftspannung am Auflager ergibt sich bei der vorhandenen Schubkraft von $20 \,.\, 4{,}70 = 94$ kg/lfd. cm zu $\tau_1 = \frac{94}{4 \,.\, 2{,}0 \,.\, 3{,}14} = 3{,}74$ kg/qcm.

Mit Bezug auf die Genauigkeit dieser gelösten Aufgabe ist zu bemerken, daß die wirksame Plattenbreite bei Berechnung der Plattenbalken nicht genau zu $\frac{1}{3}$ der Spannweite der Träger angenommen ist, denn diese beträgt für den Wangenträger z. B.: $b = \frac{3{,}30}{3 \,.\, 2} = 0{,}55$ m, während bei der Berechnung $0{,}80 - 0{,}06 = 0{,}74$ m eingeführt ist.

Diese Abweichung erscheint jedoch um so eher zulässig, als die wirksame Plattenbreite im vorliegenden Fall ohnehin sehr kleiu ist, trotzdem dürfte es sich empfehlen bei Eingabezeichnungen, die nach den angeführten Bestimmungen geprüft werden, die wirksame Plattenbreite dementsprechend zu verringern.

E. Ausführung der Eisenbetonkonstruktionen.

In diesem Abschnitt sollen einige Anweisungen und Regeln für die praktische Ausführung der einzelnen Konstruktionen gegeben werden und zwar mit Bezug auf die Arbeiten an der Baustelle selbst.

Um ein zutreffendes Urteil über die Zweckmäßigkeit der einzelnen Anordnungen zu erhalten, ist es notwendig, zunächst die Eigenschaften und das Wesen der hierbei zur Verwendung gelangenden Baustoffe kennen zu lernen.

a) Materialien.

32. Der Beton.

α) Die Zemente.

Allgemein versteht man unter Zement ein Material, welches hydraulische Eigenschaften besitzt und als Bindemittel zu Bauzwecken benutzt wird. Nach der Herstellungsweise unterscheidet man gegenwärtig zwei Zementarten, deren Bestandteile im wesentlichen dieselben sind; es ist dies der Portlandzement und der Puzzolanzement (Schlackenzement). Für die Ausführung von Eisenbetonbauten kommt fast ausschließlich nur der Portlandzement in Betracht.

Portlandzement ist ein in seiner Masse gleichartiger, durch Zusatz von Wasser erhärtender Mörtelstoff, der dadurch erzeugt wird, daß man eine in bestimmten Verhältnissen zueinander hergestellte innige Mischung von Kalk und Ton, oder anderen Materialien die Silikate enthalten, bis zur Sinterung brennt und dann durch Mahlen zerkleinert.

Die chemische Zusammensetzung normaler Portland-Zemente schwankt zwischen folgenden Werten:

Kalk	58—65%
Kieselsäure	20—26%
Tonerde und Eisenoxyd . . .	7—14%
Magnesia	1—3%
Alkalien	0—3%
Schwefelsäure	0—2%.

Die Rohmaterialien Kalk, Ton etc. werden je nach ihrer Beschaffenheit auf nassem oder trockenem Wege innig gemischt und fein gemahlen. Sodann formt man aus der

gewonnenen Masse Steine und brennt diese bei sehr hoher Temperatur bis zur Sinterung. Die auf diese Weise entstandenen Zementklinker werden zu feinem Pulver gemahlen, welch letzteres den fertigen Zement darstellt.

Je nach der Beschaffenheit der Rohmaterialien, ihrer chemischen Zusammensetzung und dem Grade des Brandes bindet der Zement mehr oder weniger rasch ab, d. h. er erstarrt nach Hinzubringen von Wasser nach einer bestimmten Zeit (Bindezeit) derart, daß er einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht. Für die Herstellung von Eisenbetonbauten wird zumeist langsam bindender Portlandzement verwandt, das ist solcher, der zum Erstarren 2 Stunden oder längere Zeit braucht.

Da der Zement das wirksamste Element des Betons ist, soll man bei der Prüfung und Untersuchung desselben äußerst sorgfältig verfahren, um so mehr als Eisenbeton-Konstruktionen in der Regel nur in geringen Stärken zur Ausführung gelangen und die einzelnen Teile meist größere Beanspruchungen erleiden.

β) Normen zur Prüfung des Zementes.

Als Normen für die Prüfung von Portland-Zementen wurden durch Erlaß des Königl. Preuß. Ministeriums vom 28. Juli 1887 folgende aufgestellt.

I. Verpackung und Gewicht.

In der Regel soll Portland-Zement in Normalfässern von 180 kg brutto und zirka 170 kg netto und in halben Normalfässern von 90 kg brutto und zirka 83 kg netto verpackt werden. Das Bruttogewicht soll auf den Fässern verzeichnet sein.

Wird der Zement in Fässern von anderem Gewicht oder in Säcken verlangt, so muß das Brutto-Gewicht auf diesen Verpackungen ebenfalls durch deutliche Aufschrift kenntlich gemacht werden.

Streuverlust sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2% nicht beanstandet werden.

Die Fässer und Säcke sollen außer der Gewichtsangabe auch die Firma oder die Fabrikmarke der betreffenden Fabrik in deutlicher Schrift tragen.

II. Bindezeit.

Je nach der Art der Verwendung kann Portland-Zement langsam oder rasch bindend verlangt werden.

Als langsam bindend sind solche Zemente zu bezeichnen, die erst in zwei Stunden oder in längerer Zeit abbinden.

Erläuterung: Um die Bindezeit eines Zementes zu ermitteln, rühre man den reinen langsam bindenden Zement drei Minuten, den rasch bindenden eine Minute lang mit Wasser zu einem steifen Brei an und bilde auf einer Glasplatte durch nur einmaliges Aufgeben einen etwa 1,5 cm dicken, nach den Rändern hin dünn auslaufenden Kuchen. Die zur Herstellung dieses Kuchens erforderliche Dickflüssigkeit des Zementbreies soll so beschaffen sein, daß der mit einem Spachtel auf die Glasplatte gebrachte Brei erst durch mehrmaliges Aufstoßen der Glasplatte nach den Rändern hin ausläuft, wozu in den meisten Fällen 27—30% Anmachwasser genügen. Sobald der Kuchen soweit erstarrt ist, daß derselbe einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht, ist der Zement als abgebunden zu betrachten.

III. Volumbeständigkeit.

Portland-Zement soll volumbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein auf einer Glasplatte hergestellter und vor Austrocknung geschützter Kuchen

aus reinem Zement, nach 24 Stunden unter Wasser gelegt, auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf.

Erläuterungen. Zur Ausführung der Probe wird der zur Bestimmung der Bindezeit angefertigte Kuchen bei langsam bindendem Zement nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden unter Wasser gelegt. Bei rasch bindendem Zement kann dies schon nach kürzerer Frist geschehen. Die Kuchen, namentlich die von langsam bindendem Zement, müssen bis nach erfolgtem Abbinden vor Zugluft und Sonnenschein geschützt werden, am besten durch Aufbewahren in einem bedeckten Kasten oder auch unter Tüchern. Es wird hierdurch die Entstehung von Schwindrissen vermieden, welche in der Regel in der Mitte des Kuchens entstehen und von Unkundigen für Treibrisse gehalten werden können.

Die Erscheinung des Treibens zeigt sich an den Kuchen in der Regel bereits nach drei Tagen, jedenfalls genügt eine Beobachtung von 28 Tagen.

IV. Feinheit der Mahlung.

Portland-Zement soll so fein gemahlen sein, daß eine Probe desselben auf einem Sieb von 900 Maschen pro Quadratzentimeter höchstens 10% Rückstand hinterläßt. Die Drahtstärke des Siebes soll die Hälfte der Maschenweite betragen.

Zu jeder Siebprobe sind 100 g Zement zu verwenden.

V. Festigkeitsproben.

Die Bindekraft von Portland-Zement soll durch Prüfung einer Mischung von Zement und Sand ermittelt werden. Die Prüfung soll auf Zug und Druckfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen und zwar mittelst Probekörpern von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Apparaten.

Daneben empfiehlt es sich auch die Festigkeit des reinen Zementes festzustellen.

Die Zerreißungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche, die Druckproben an Würfeln von 50 qcm Fläche vorzunehmen.

VI. Zug- und Druckfestigkeit.

Langsam bindender Portland-Zement soll bei der Probe mit 3 Gewichtsteilen Normalsand[1]) auf 1 Gewichtsteil Zement nach 28 Tagen Erhärtung (1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser) eine Minimalfestigkeit von 16 kg pro qcm haben. Die Druckfestigkeit soll mindestens 160 kg pro qcm betragen.

Bei schnell bindenden Portland-Zementen ist die Festigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere als die oben angegebene. Es soll deshalb bei Nennung von Festigkeitszahlen stets auch die Bindezeit angeführt werden.

Betonmengen.

Bei der Ausführung selbst soll man sich von dem regelrechten Abbinden des Zementes genau überzeugen, da hiervon die Verarbeitung direkt abhängig ist.

Bindet z. B. ein Zement, trotzdem derselbe als Langsambinder zu bezeichnen ist, im Anfang ziemlich rasch ab, so ist der Beton nur in geringen Mengen zu mischen und möglichst schnell zu verarbeiten. Dasselbe gilt für schnell abbindende Zemente überhaupt.

In der Praxis werden deshalb Schnellbinder, außer für Herstellung von Röhren, nur zu örtlichen Ausbesserungen und für Verputz von Einzelteilen angewendet.

---

[1]) Normalsand wird gewonnen, indem man möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet und durch ein Sieb von 50 Maschen pro qcm siebt, sodann bringt man den gewonnenen Sand in ein Sieb mit 120 Maschen pro qcm und entfernt dadurch die feinsten Teile. Die Drahtstärke der Siebe soll 0,38 und im 2. Fall 0,32 mm betragen.

γ) Beimischungen.

Als Zusatzstoffe für Eisenbeton verwendet man fast alle Stoffe, die beim gewöhnlichen Beton in Frage kommen.

Die Wahl dieser Stoffe muß jedoch mit größter Sorgfalt geschehen, denn die Beschaffenheit derselben hat großen Einfluß auf die Festigkeit. Allerdings wird man möglichst diejenigen Sand- und Kiesarten verwenden, die in der Gegend vorkommen; doch sollte man, falls dieselben den Anforderungen nicht entsprechen, keine Opfer scheuen und selbst aus großer Entfernung Baustoffe beziehen, deren Eigenschaften Gewähr für gute Haltbarkeit leisten.

Kies und Sand. Die Korngröße hängt einesteils von der Stärke der Bauteile und andernteils von der Maschengröße bezw. den Zwischenräumen der Eiseneinlagen ab.

In vielen Fällen verwendet man für Eisenbeton nur Mischungen von Zement und Sand in mörtelähnlicher Zusammensetzung. Dies geschieht z. B. bei Herstellung von Bauteilen mit geringen Stärken, ebenso bei Bauweisen, wo die Einlage aus Gitterwerk mit geringen Öffnungen besteht. Dort, wo größere Stärken notwendig sind, wählt man zweckmäßig auch gröberes Material.

Besonders empfehlenswert ist in solchen Fällen die Verwendung von verschiedenen Korngrößen, da hierbei weniger Zwischenräume entstehen und die Festigkeit größer wird. Im allgemeinen geht man bei Eisenbeton jedoch nicht über eine Korngröße von 25—35 mm.

Sand und Kies müssen durch Sieben von allen erdigen Bestandteilen befreit werden. Der erstere soll außerdem ziemlich scharf sein und in der Hand knirschen.

Feinschlag (Steingrus) und Steinmehl bedingen als Zusatz zu Kies und Sand eine wesentlich größere Festigkeit und sind deshalb sehr zu empfehlen.

Eisen- und Kohlenschlacke findet für verschiedene Bauweisen ebenfalls Verwendung und ist infolge ihrer Leichtigkeit und Billigkeit ziemlich beliebt. Der damit hergestellte sogen. Schlackenbeton erreicht jedoch nie dieselbe Festigkeit wie der aus Kies und Kleinschlag zusammengesetzte, er ist deshalb nur für Teile mit geringen Spannweiten und Belastungen zu empfehlen.

33. Die Mischungsverhältnisse.

Soll für einen Bauteil das Mischungsverhältnis bestimmt werden, so ist in den meisten Fällen die erforderliche Festigkeit maßgebend. In einzelnen Fällen dagegen ist außerdem noch möglichst vollständige Wasserundurchlässigkeit verlangt.

Obwohl nun bezüglich der Festigkeit zu empfehlen ist, möglichst fette Mischungen anzuwenden, so muß anderseits darauf hingewiesen werden, daß gerade diesen mit Bezug auf die Volumbeständigkeit ernste Nachteile anhaften. In der Praxis werden deshalb Bauteile, bei denen nur die Standhaftigkeit zu berücksichtigen ist, gewöhnlich aus Beton mit 250—450 kg Zementgehalt pro cbm hergestellt. Oftmals wendet man auch bei ein und demselben Bauwerk, je nach der größeren oder kleineren Beanspruchung, verschiedene Mischungen an. Dieses Verfahren ist jedoch nicht immer zu empfehlen, namentlich dann nicht, wenn selbsttragende Bauteile in Frage kommen, denn die Praxis hat gezeigt, daß an den Berührungsflächen verschiedener Mischungen leicht Risse entstehen.

Bei Monierbauten wird das Mischungsverhältnis meist in Zement und Sand ausgedrückt. Für Deckenplatten z. B. verwendet man in der Regel 1 Teil Zement mit 3 Teilen Sand, für grössere Stärken auch 1 Teil Zement mit 3,5 bis 4 Teilen Sand. Bei Gewölben geht man vielfach bis 1:4 und 1:4,5 herunter. Indessen ist das Ver-

hältnis 1:3 bis 1:3,5 als das Vorteilhafteste zu betrachten, denn hierbei ist außer der bedeutenden Festigkeit des Betons auch die Haftfestigkeit zwischen Eisen und Beton genügend groß. Eine magerere Mischung als 1:5 wendet man nur selten an; höchstens in Fällen, wo der Beton wenig beansprucht wird und wo ein großes Eigengewicht ohne Bedeutung ist.

Wenn der Beton gut gestampft wird, enthält ein cbm durchschnittlich bei Mischung

1:3 rund 450 kg Zement
1:4 „ 350 „ „
1:5 „ 300 „ „

Für die Melanbauweise gilt, wie schon unter C angegeben, als Durchschnitt: 1 Teil Zement zu 2 Teilen Sand und 4 Teilen Kies oder Steinschlag. Zuweilen geht man sogar bis zu 1:3:6 herab, doch ist es dann notwendig um die Eiseneinlagen fettere Mischung zu verwenden, da sonst die Haftfestigkeit zu gering wird.

Bei Hennebique-Ausführungen ist es üblich Sand und Kies bezw. Kleinschlag gesondert zu bestimmen. Als Durchschnittswert gilt:

Zement	300 kg
Sand	0,400 cbm
Kies oder Kleinschlag . .	0,850 cbm.

Rechnet man hierbei 1 cbm Zement zu 1400 kg, so ergibt dies nach Raumteilen 1 Teil Zement mit 1,9 Teilen Sand und 4 Teilen Kies oder Steinschlag.

34. Wasserdurchlässigkeit.

Ebenso wie jedes andere Mauerwerk läßt auch Eisenbeton Wasser durch, doch hat der Beton den Vorteil, daß seine Dichtigkeit im Laufe der Zeit, durch Ablagerung kalkhaltiger Salze, zunimmt. Sie wird dabei um so vollkommener, je fetter die Mischung ist.

Bei Behälterbauten, bei denen der zu leistende Widerstand größere Stärken verlangt, genügt es, einen inneren Mörtelputz von fetter Mischung herzustellen, auf dem man zweckmäßig noch eine dünne Schicht (2—3 mm) reinen Zement aufbringt. So wurde unter andern der rund 1800 cbm fassende Versuchskanal in Dresden-Übigau in sehr magerer Mischung (1:6:8) ausgeführt und nur an der Innenseite mit Zementmörtel 1:3 geputzt. Auf diese Schicht ist ein reiner Zementüberzug von 2 mm Stärke gebracht und gut geglättet. Die Ausführung zeigte von Anfang an keine Durchlässigkeit.

Einzelne Fachleute, die sich hauptsächlich mit der Herstellung von Behältern und Rohren mit dünnen Wandungen beschäftigen, verwenden dazu einen sehr fetten Mörtel und zwar nach Raumteilen 1:2 oder 1:1,5.

Nach dem Gewicht setzt man dabei für 1 cbm Sand 700—800 kg Zement zu.

Die Mischung erhöht nicht nur die Undurchlässigkeit, sondern sie vermehrt auch die Widerstandsfähigkeit gegen die chemische Einwirkung von Flüssigkeiten [1]).

Als weitere bei Wasserbauten mit Vorteil angewandte Mischungen seien endlich noch angegeben:

1 Teil Zement mit 1 Teil Sand
1 „ „ „ 2 „ „ und ½ Teil Kalkmilch
1 „ „ „ 3 „ „ „ 1 „ „

[1]) In einzelnen Fällen versieht man diesen Zementputz auch noch mit besonderen Anstrichen wie Keßlerschen Fluaten, Siderosthen-Lubrose, Leinöl und dergl. (siehe auch unter Anstriche). Auch der sogen. Asbestzement fand schon mehrfach vorteilhafte Anwendung.

35. Frostschutz.

Obwohl die Betonierungsarbeiten bei Frostwetter meist unterbrochen werden, kommt es doch vor, daß einzelne Bauwerke, trotz starkem Frost, fertig gestellt werden müssen. In solchen Fällen wurde von Liebold & Co. und anderen bei der Betonbereitung dem Wasser 2—4 % Salz beigegeben. Die Zusatzstoffe wurden vor der Mischung aufgetaut und der Beton möglichst schnell verarbeitet. Von anderen Fachleuten wurde als Zusatz Chlorkalium in Mengen von 10—20 % verwandt und auch hiermit günstige Resultate erzielt.

Für Abdichtungsarbeiten, wo es auf möglichst schnelles Abbinden des Betons oder Mörtels ankommt, empfiehlt sich eine Beimengung von Soda. Bei Anwendung der eben angeführten Frostschutzmittel ist jedoch zu beachten, daß der Zusatz von Salzen vielfach ein Ausblühen (Ausschlagen) des Betons zur Folge hat. Es empfiehlt sich deshalb ihre Verwendung nur dort, wo es auf gutes Aussehen der Sichtflächen nicht besonders ankommt. Sollen die Ansichtsflächen jedoch trotzdem möglichst gleichartig erscheinen, so wird man zweckmäßig einen Anstrich mit Keßlerschen Fluaten (vergleiche unter Putz) vorsehen.

36. Das Eisen.

Bisher war man allgemein der Ansicht, daß das Schmiedeeisen alle gewünschten Eigenschaften einer guten Einlage besitzt. Neuerdings jedoch kommt man vielfach dazu statt dessen Flußeisen zu verwenden. Inwieweit das eine dem andern vorzuziehen ist, hängt im wesentlichen von der Beanspruchung des betreffenden Bauteiles und von der Festigkeit des Betons ab.

Bei der gewöhnlichen Ausführungsweise, bei der man bis jetzt nur mit einer mittleren Festigkeit des Betons rechnet, wird auch die Anwendung des Flußeisens keine größere Festigkeit herbeiführen. Daher empfiehlt sich die Anwendung des letzteren nur dann, wenn gleichzeitig eine entsprechende Verbesserung in der Beschaffenheit des Betons vorgenommen wird. Allerdings ist ohne weiteres einzusehen, daß bei gleicher Beanspruchung Flußeisen eine größere Sicherheit bietet und da dies gegenwärtig mit Schmiedeeisen fast eine Preislage hat, kann die Anwendung nur empfohlen werden.

Schmiedeeisen wird in der Hauptsache als Walzeisen Nr. 3 verwandt. Es soll eine Bruchfestigkeit von 3200—3600 kg/qcm besitzen. Diese Festigkeit wird für Stäbe von geringem Durchmesser und Eisendraht, der nicht wieder geglüht ist, meist wesentlich größer sein. Der Eisendraht für die Verbindungen muß vorher geglüht werden.

Flußeisen soll mindestens eine Bruchfestigkeit von 4200—5000 kg/qcm besitzen.

Verschiedene Fachleute empfehlen für die Einlagen auch noch härteres Material, wie Stahl etc., doch ergibt sich aus dem oben Gesagten, daß damit unter gewöhnlichen Verhältnissen keine besonderen Vorteile zu erreichen sind.

b) Die Ausführung.

Auch hier sollen vor Besprechung der Einzelheiten die diesbezüglichen Bestimmungen, die nach Verordnung des Königl. Preuß. Ministeriums bei den Bauausführungen zu beachten sind, angeführt werden. Obwohl diese für die übrigen deutschen Staaten nicht direkt maßgebend sind, stimmen sie in den Hauptpunkten doch mit den verschiedenen Baupolizeiverordnungen überein.

37. Allgemeine Vorschriften.

(Bestimmungen des Königlich Preußischen Ministeriums.)

A. Prüfung.

§ 1. Der Ausführung von Bauwerken oder Bauteilen aus Eisenbeton hat eine besondere baupolizeiliche Prüfung voranzugehen. Zu diesem Zweck sind bei Nachsuchung der Bauerlaubnis für ein Bauwerk, welches ganz oder zum Teil aus Eisenbeton hergestellt werden soll, Zeichnungen, statische Berechnungen und Beschreibungen beizubringen, aus denen die Gesamtanordnung und alle wichtigen Einzelheiten zu ersehen sind.

Falls sich der Bauherr oder Unternehmer erst im Verlauf der Bauausführung über die Wahl der Konstruktionsart schlüssig macht, hat die Baupolizeibehörde darauf zu halten, daß die vorbezeichneten Unterlagen für die Prüfung nachträglich beigebracht werden.

In der Beschreibung ist der Ursprung und die Beschaffenheit der zum Beton zu verwendenden Baustoffe und ihr Mischungsverhältnis anzugeben.

Die Vorlagen sind von dem Bauherrn und dem Unternehmer, der die Ausführung bewirkt, zu unterschreiben.

§ 2. 1. Die Eigenschaften der zum Beton zu verwendenden Baustoffe sind erforderlichenfalls durch Zeugnisse einer amtlichen Prüfungsanstalt nachzuweisen. Diese Zeugnisse sollen im allgemeinen nicht älter als 1 Jahr sein.

2. Es darf nur Portlandzement verwendet werden, der den Normen entspricht. Die Zeugnisse über die Beschaffenheit müssen Angaben über Raumbeständigkeit, Bindezeit, Mahlfeinheit, sowie über Zug- und Druckfestigkeit enthalten.

3. Zur Herstellung des Betons ist nur scharfer Sand, Kies oder ein sonstiger, erfahrungsgemäß geeigneter Zuschlag von zweckentsprechender Korngröße zu verwenden.

4. Die Druckfestigkeit, die der zu verwendende Beton in dem vorgesehenen Mischungsverhältnis nach 28 Tagen erreichen soll, ist in der Beschreibung anzugeben.

§ 3. 1. Das Verfahren der statischen Berechnung muß mindestens dieselbe Sicherheit gewähren, wie die Berechnung nach den Leitsätzen (vergl. unter D).

2. Bei noch unerprobten Bauweisen kann die Baupolizeibehörde die Zulassung von dem Ausfalle von Probeausführungen und Belastungsversuchen abhängig machen.

B. Ausführung.

§ 4. 1. Die Baupolizeibehörde kann die Eigenschaften der in der Verarbeitung begriffenen Baustoffe in einer amtlichen Prüfungsanstalt oder in einer sonst ihr geeignet scheinenden Weise feststellen, sowie eine Festigkeitsprüfung des fertigen Betons vornehmen lassen. Die Prüfung der Festigkeit kann auch auf der Baustelle mittelst einer Betonpresse, deren Zuverlässigkeit durch eine amtliche Prüfungsanstalt bescheinigt ist, erfolgen.

2. Die für die Prüfung bestimmten Betonkörper müssen Würfelform erhalten, und zwar je nach der Größe des Zuschlages, mit 20—30 cm Seitenlänge. Die Probekörper sind mit der Bezeichnung des Anfertigungstages zu versehen, durch ein Siegel zu kennzeichnen und bis zu ihrer Erhärtung nach Anweisung der Baupolizeibehörde aufzubewahren.

3. Der Zement ist in der Ursprungspackung anzuliefern.

§ 5. 1. Der Beton ist in der Regel nach Gewichtseinheiten zu mischen.

2. Die Zumessung beim Mischen kann aber auch mit Hohlmaßen und zwar mit je einem Hohlmaß für jeden Baustoff geschehen. Jedes dieser Hohlmaße soll vollgefüllt und glatt abgestrichen die dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis entsprechenden, durch eine zuverlässige Wage nachzuweisenden Gewichtseinheiten enthalten.

§ 6. Der Beton ist nur in den Mengen zu bereiten, die für die unmittelbare Verwendung erforderlich sind. Er muß nach dem Mischen sofort eingebracht und gleichmäßig eingestampft werden, bei erdfeuchtem Zustande mindestens so lange, bis sich an der Oberfläche Wasser zeigt. Zum Einstampfen sind passend geformte Stampfen von angemessenem Gewicht zu verwenden.

§ 7. 1. Mit besonderer Sorgfalt ist darauf zu achten, daß die Eiseneinlagen die richtige Lage erhalten und dicht mit Zementmörtel umkleidet werden.

2. Der Beton ist in einzelnen Schichten einzubringen, die nicht stärker als 15 cm sein dürfen und für sich gehörig eingestampft werden müssen.

3. Durchgehende Wände sind in ihrer ganzen Länge in Angriff zu nehmen und gleichmäßig hochzuführen. Dabei ist auf einen guten Verband mit den anschließenden Querwänden Bedacht zu nehmen. Schichten, die den Abschluß eines Geschosses bilden, müssen wagrecht abgeglichen werden.

4. Die Schalungen müssen hinreichenden Widerstand gegen Durchbiegungen sowie gegen Erschütterungen beim Stampfen bieten und so angeordnet sein, daß sie unter Belassung der notwendigen Stützen gefahrlos entfernt werden können.

5. Beim Entfernen der Schalungen und Stützen muß jede Erschütterung vermieden werden.

§ 8. 1. Soll auf frische Betonschichten eine neue Schicht aufgebracht werden, so genügt es die alte Oberfläche gut anzunässen.

2. Beim Weiterbau auf erhärteten Beton muß die alte Oberfläche aufgerauht, sauber abgekehrt und angenäßt werden.

§ 9. Bei der Herstellung von Wänden und Pfeilern in mehrgeschossigen Gebäuden darf mit der Ausführung dieser Bauteile in dem höheren Geschoß erst nach Abnahme des darunter liegenden Geschosses begonnen werden.

§ 10. 1. Bei Frostwetter darf nicht gearbeitet werden, sofern nicht schädliche Einwirkungen des Frostes ausgeschlossen sind.

2. Nach längeren Frostzeiten darf bei Eintritt milderer Witterung die Arbeit erst wieder aufgenommen werden, nachdem die Zustimmung der Baupolizei dazu eingeholt ist.

§ 11. 1. Bis zur genügenden Erhärtung des Betons sind die Bauteile gegen die Einwirkungen des Frostes und gegen vorzeitiges Austrocknen zu schützen, sowie vor Erschütterungen und Belastungen zu bewahren.

2. Die seitlichen Schalungen von Betonbalken und die Schalungen von Deckenplatten bis zu 1,5 m Spannweite dürfen frühestens nach 3 Tagen, die übrigen Schalungen und die Stützen frühestens nach 14 Tagen, vom Schlusse des Einstampfens ab gerechnet, entfernt werden.

3. Ist das Einstampfen erst kurze Zeit vor Eintritt von Frost beendet, so ist beim Entfernen der Schalung und der Stützen besondere Vorsicht zu beobachten.

4. Tritt während der Erhärtungsdauer Frost ein, so sind mit Rücksicht darauf, daß die Erhärtung des Betons durch den Frost verzögert wird, die in Absatz 2 genannten Fristen um die Dauer der Frostzeit zu verlängern.

§ 12. Über den Gang der Arbeiten ist ein Tagebuch zu führen und auf der Baustelle stets zur Einsicht bereit zu halten. Frosttage sind darin unter Angabe der Kältegrade und der Stunde ihrer Messung besonders zu vermerken.

38. Die Betonbereitung.

Der Beton wird entweder durch Handarbeit oder auf maschinellem Wege hergestellt. Letzterem Verfahren ist dabei in jeder Hinsicht der Vorzug zu geben, da hier die Mischung wesentlich gleichmäßiger wird. Außerdem kann dabei durch ununter-

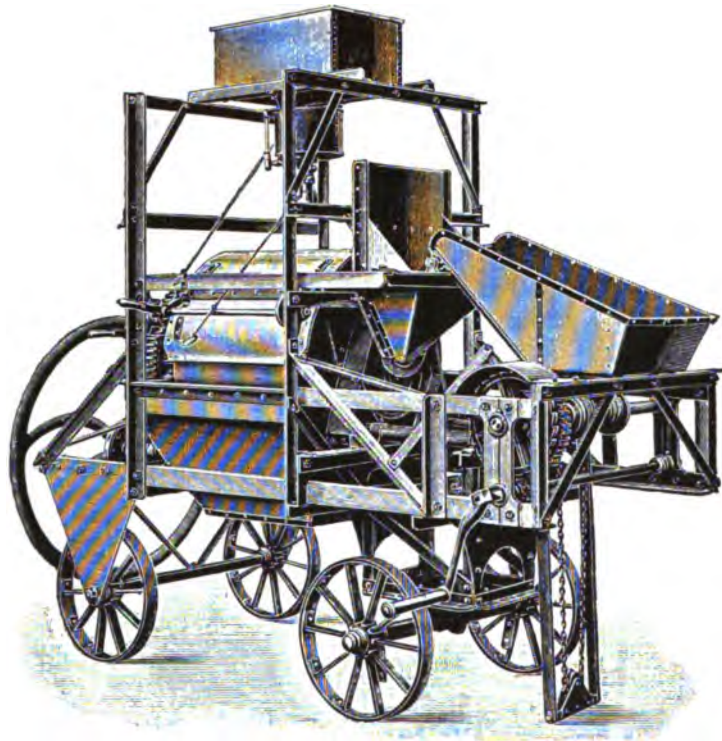


Abb. 185. Betonmischmaschine der Firma Gauhe, Gockel & Cie. in Oberlahnstein.

brochene Herstellung sehr viel an Zeit gespart werden. Von den verschiedenen Arten der Betonmischmaschinen soll hier nur eins der neuesten Systeme angeführt werden, dessen Güte und Zweckmäßigkeit allgemein anerkannt ist. Diese, der Firma Gauhe, Gockel u. Cie. in Oberlahnstein patentierten Maschinen, erfordern im Verhältnis zu ihrer Leistungsfähigkeit nur geringen Kraftaufwand und leisten Betonmengen bis zu 40 cbm pro Stunde.

Die einzelnen Mischtrommeln sind mit selbsttätigem Entleerungsschieber und mit Fülltrichter versehen und können durch Hand oder besondere Motoren angetrieben werden.

Abb. 185 zeigt eine transportable Maschine dieser Art, die für Handbetrieb geeignet ist. Sie kann durch 1 bis 2 Mann bewegt werden und leistet 3 bis 4 cbm pro Stunde. Die Wasserzuführung geschieht aus einem besonderen Wasserkasten und kann beliebig reguliert werden.

Eine größere Maschine derselben Bauart zeigt die Abb. 186. Der Fassungsraum der Trommel beträgt hier 150—1000 l, so daß bei etwa 40 Mischungen pro Stunde, 6—40 cbm geleistet werden. Für die dargestellte Maschine ist ein besonderer Benzinmotor vorgesehen, der außer der Mischtrommel auch den Materialaufzug bewegt. Sie

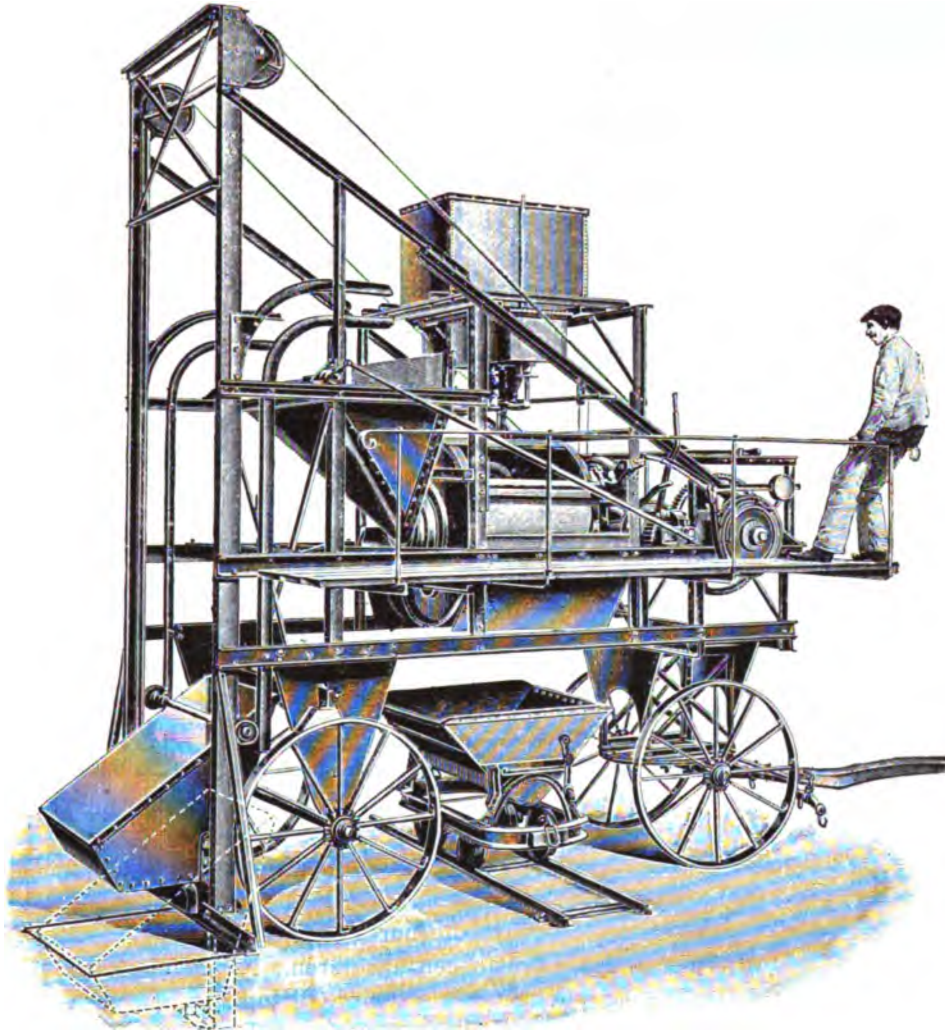


Abb. 186. Betonmischmaschine mit Motorbetrieb der Firma Gauhe, Gockel & Cie. in Oberlahnstein.

leistet etwa 4 cbm pro Stunde, verbraucht rund 1 kg Benzin und kann durch 1 Mann bedient werden.

Bei Mischung durch Hand geschieht die Bearbeitung auf Brettbühnen mittelst Schaufeln. Die Materialien sind hier, wie auch bei der Maschinenmischung, trocken einzubringen und vor Zugabe von Feuchtigkeit gut zu mischen. Die Menge des Wassers, die beizugeben ist, hängt im wesentlichen von der Temperatur ab und ist deshalb ziemlich verschieden. Nach Ansicht verschiedener Praktiker empfiehlt es sich der Mischung möglichst wenig Wasser beizugeben, da durch zu große Nässe poröser Beton entsteht, der bezüglich seiner Form und Festigkeit weniger gut ist als trockener, sogen. erdfeuchter.

Anderseits ist aber zu beachten, daß zu trockener Beton nur unvollständig und unregelmäßig abbindet.

Um festzustellen, ob der Wasserzusatz genügend ist, nimmt man etwas Beton und ballt ihn in der Hand zusammen, dabei muß sich das Wasser an der Oberfläche zeigen und der Ballen nach Öffnen der Hand seine Form behalten. Im allgemeinen empfiehlt es sich dem Beton hier (bei Eisenbeton) etwas mehr Wasser zuzugeben, da derselbe hierdurch formbarer wird und sich besser an die Einlagen anschmiegt.

39. Die Eiseneinlagen.

Ist für die Ausführung keine Verbindung zwischen den einzelnen Stücken der Einlage erforderlich, so beschränkt sich das Zurichten der Stäbe in der Regel auf sehr einfache Arbeiten, die man zumeist auf der Baustelle selbst vornimmt. Sind nur kleine Durchmesser vorhanden, so kann man das Eisen einfach mit Hilfe einer Gabelschere schneiden, die nach Art der Blechschere arbeitet. Bei Bestellung ist möglichst darauf zu achten, daß passende Längen angeliefert werden, damit der Verschnitt nicht zu groß wird.

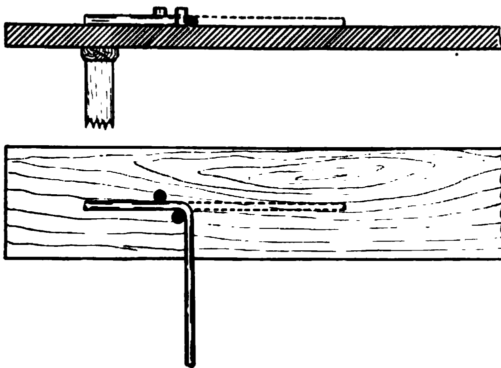


Abb. 187.

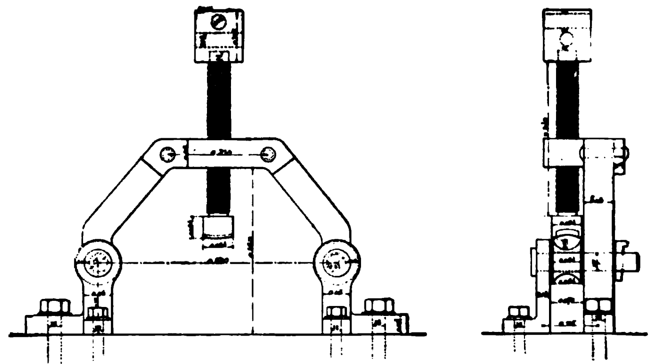


Abb. 188 und 189. Die Schraubenpresse.

Vielfach werden die Enden der Stäbe zur Erhöhung der Haftfestigkeit haken- oder klauenförmig umgebogen und zwar geschieht diese Arbeit zweckmäßig in glühendem Zustand, wenn der Durchmesser 25 mm übersteigt.

Bei Stäben von kleinen Durchmessern, die nur geringe Krümmung erhalten, kann man diese eventuell direkt über dem Gerüstbogen ausführen. Nicht zulässig ist es, daß die Biegung durch das Gewicht des Betons bewirkt wird. Wenn dies bei einzelnen Ausführungen trotzdem geschieht, so ist es als ein Fehler in der Herstellung zu betrachten, denn der Beton wird durch die Elastizität der Eisenstäbe in seinem Abbinden gehindert.

Größere Abbiegungen bis etwa 20 mm starker Stäbe können leicht mit Hilfe des aus Abb. 187 ersichtlichen, äußerst einfachen Apparates erfolgen. Man befestigt auf einer starken Pfoste in entsprechenden Abständen zwei kurze Eisenbolzen, führt zwischen diese den geraden Stab und biegt ihn durch Hand in die gewünschte Form. Für stärkere Stäbe verwendet man zum Biegen die sogen. Schraubenpresse, Abb. 188 u. 189[1]). Außerdem benützt man in Fällen, wo eine große Zahl gleichartig zu bearbeitender Stäbe notwendig ist, die sogen. Biegemaschine.

Genügt die handelsübliche Länge der Stäbe nicht, wird also ein Stoß nötig, so darf man sich bei stärker beanspruchten Stäben niemals mit einfacher Drahtverbindung

1) Christophe, Der Eisenbeton.

begnügen, sondern man hat die Enden, falls Zugspannungen aufzunehmen sind, mit einer Muffe zusammenzufassen. Kommen nur Druckspannungen in Frage, so genügt das Überschieben eines kurzen Gasrohres.

Im allgemeinen können die Eiseneinlagen in ihrer Beschaffenheit ohne besondere Reinigung in den Beton eingebracht werden, es ist also nicht notwendig den Rost zu entfernen. Nur dort, wo lose Krusten vorhanden sind, müssen dieselben entfernt werden.

Bei der Monierbauweise werden alle Verbände zwischen den Stäben durch $^3/_4$ bis 1 mm starke, einfache oder doppelte Eisendrähte hergestellt. Abb. 190. Der Draht wird dabei um die Stäbe gewunden und mit der Zange zusammengedreht. Sind stärkere Querverbindungen notwendig, so ist es zweckmäßig, auf dem Bauplatz eine Stanzmaschine aufzustellen, die auch für das Zuschneiden der Stäbe und Bügel eingerichtet ist.

Außer den runden oder profilierten Stäben kommen bei verschiedenen Bauweisen, wie schon unter B erwähnt, noch besondere Einlagen zur Verwendung, die ein besonderes Zurichten erfordern. Dies ist namentlich bei den Geweben oder eisernen Gitterwerken

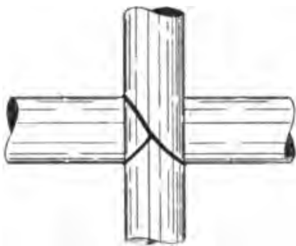


Abb. 190.

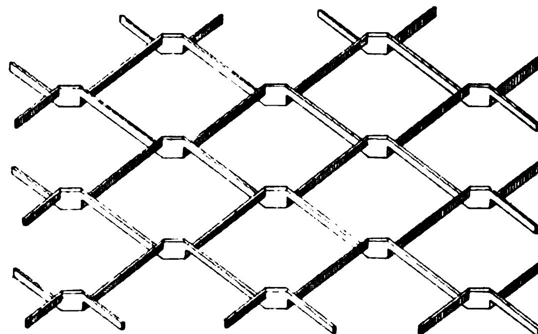


Abb. 191. Streckmetall.

der Fall. Neuerdings erhält man jedoch auch diese Gewebe fertig im Handel und es hat nur das Anbringen derselben von sachkundiger Hand zu erfolgen.

Manche Eisenbetonbauweisen besitzen eine Eiseneinlage, deren Einzelteile so miteinander verbunden sind, daß sie eine eigene Tragfähigkeit besitzen (vergl. Melan u. a.). Bei diesen erfordert der Aufbau des Gerippes naturgemäß bedeutend mehr Arbeit. Im allgemeinen gleicht diese Herstellung in ihrem Wesen dem gewöhnlichen Eisenbau.

Streckmetall, Abb. 191, das besonders in Amerika als Einlage benützt wird, ist ein Material, das durch Spezialfirmen für den Gebrauch fertiggestellt wird. Es ist eine Einlage aus Blech, welches aus einer Tafel geschnitten und derart gestreckt wird, daß ein gleichmäßiges, zusammenhängendes Gitter entsteht. Die Stärke des Metalls und die Maschengröße kann man bis zu einem gewissen Grade, der verlangten Festigkeit entsprechend, ändern.

40. Die Schalungen.

a) Allgemeines.

Bei den verschiedenen Bauausführungen stellt man entweder alle Konstruktionen an Ort und Stelle selbst her oder man fertigt gewisse Teile, oftmals auch alle Einzelbestandteile, schon vorher auf einem besonderen Werkplatz an. Im letzten Fall werden die Stücke erst dann nach der Baustelle gebracht, wenn sie genügend alt sind und nicht

allein den Transport und ihr eigenes Gewicht, sondern auch das Gewicht der Rüstungen und Materialien, die für den weiteren Aufbau erforderlich sind, aushalten können.

Bei Bauten von größerem Umfang wird man vielfach die Herstellung am Platze selbst vorziehen und nur besondere Teile, die auf dem Werkplatz fabrikmäßig hergestellt werden, kommen fertig auf die Baustelle. In diesem Fall macht sich die Ausführung eines besonderen Gerüstes, das zur Aufnahme des lose aufgebrachten Betons dient, notwendig.

Die Herstellung der Schalungen und Lehrgerüste erfolgt im wesentlichen nur nach praktischen Überlegungen und Gesichtspunkten, da man bisher keine allgemein gültigen Regeln hierfür kennt. Für alle Anordnungen ist es jedoch empfehlenswert nachstehende Grundsätze zu beachten[1]).

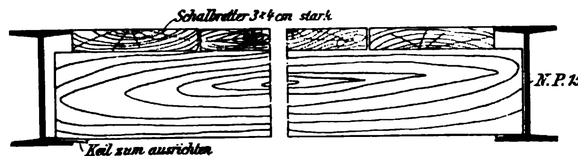


Abb. 192.

a) Die Schalungen müssen genügende Tragfähigkeit und Steifigkeit besitzen, damit sie ohne größere Formänderungen das Gewicht des Betons, die Wirkung des Stampfens und die bei der Arbeit beschäftigten Leute tragen.

b) Sie müssen ferner das Ausrüsten ohne besonders schwierige Handarbeit gestatten und in allen Teilen leicht zu stützen und zu befestigen sein. Die mit dem Beton

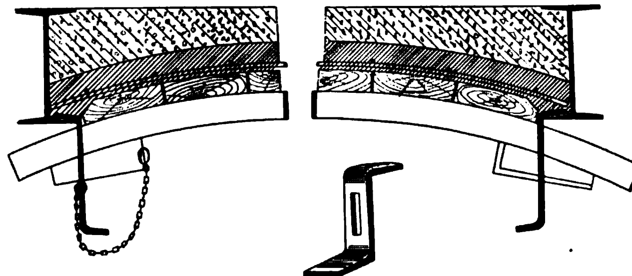


Abb. 193.

in Berührung kommenden Flächen sollen so glatt als möglich sein, damit das Glätten des fertigen Bauwerkes auf ein Mindestmaß beschränkt wird.

Die Schalungen selbst wird man in den meisten Fällen aus Holz herstellen. Hierbei sind die Bretter, welche den Beton direkt aufnehmen, so zu verlegen, daß sie sich unter dem Einfluß der Betonfeuchtigkeit ausdehnen können.

b) Platten.

Für gewöhnliche Decken zwischen I-Trägern bringt man die Brettschalung, falls keine Vouten vorhanden sind, auf Querhölzern unter, die zwischen die Träger geklemmt werden. Abb. 192.

Hat die Decke Gewölbe- oder Voutenform, so sind die Querträger (Biegen) nach der verlangten Form zu schneiden und man wird, falls die Decke auf den unteren Trägerflanschen aufliegt, die Querträger der Schalung mit Hilfe von Haken etc. an den Rändern dieser Flanschen aufhängen, Abb. 193.

---

1) Christophe, Der Eisenbeton.

Vielfach verwendet man auch besonders konstruierte Gerüsteisen, die das Anbringen und Ausrüsten der Deckenschalung wesentlich erleichtern und zudem für verschiedene Trägerweiten anwendbar sind. Abb. 194 zeigt die Hängeeisen, die in gewissen Abständen über die Träger gehängt und von oben verschraubt werden. In diese Eisen

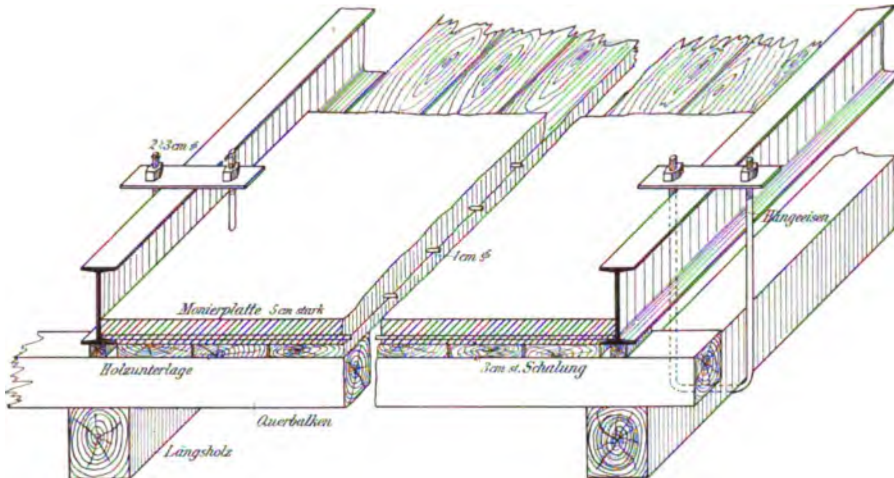


Abb. 194. Hängeeisen.

schiebt man Traghölzer von beliebiger Länge, auf die bei großen Spannweiten Querbalken mit aufliegender Schalung gebracht werden. Bei kleineren Weiten dagegen verlegt man die Schalung direkt auf die Tragbalken. Das Ausschalen geschieht in einfacher Weise durch Lösen der Schraubenmuttern.

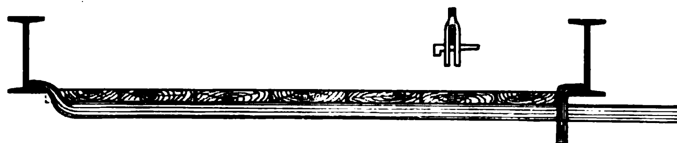


Abb. 195 und 196.

Oft werden auch eiserne Querträger, auf denen die Holzschalung lagert, direkt an den Hauptträger befestigt, Abb. 195 und 196.

Um ein Haften des Zementes an der Schalung zu vermeiden, bestreicht man dieselbe mit Seife oder Mineralöl, oftmals verwendet man hierzu auch Papier, Leinwand oder Jute. Durch diese Vorkehrungen wird das lästige Abkratzen der Schalung vermieden und auch an Zement zum Verputzen gespart.

c) Plattenbalken.

Für Plattenbalken wird die Einschalung etwas umständlicher. Im allgemeinen gelten aber auch hier die angeführten Regeln. Zur Herstellung dieser Schalungen wählt man zumeist stärkere Bohlen, etwa 16—18 cm breit und 4—6 cm stark. Die mit dem Beton in Berührung kommenden Flächen sind meist gehobelt. Wenn nötig nagelt man in die unteren Ecken kleine Dreikantleisten, um dadurch das Abfasen des Balkens zu erreichen. Vielfach stellt man, nachdem die Pfeiler und Mauern zur Aufnahme der

Balken und Decken fertig sind, die Balkenform nur teilweise her, Abb. 197, und bringt den Beton und die Einlagen bis zur Unterkante der Platte ein. Hierauf beginnt erst die Einschalung der Platte selbst und zwar kann zur Befestigung derselben die frühere teilweise verwendet werden. Hierbei ist jedoch vorausgesetzt, daß die Schalung der Balken erst nach Fertigstellung der Deckenplatte entfernt wird. Soll dies früher geschehen, so ist die Schalung der letzteren gesondert auszuführen. Man stellt dann für 3 oder 4 Felder die Schalung her und verwendet diese wiederholt zu den übrigen Teilen. Die Befestigung kann hierbei an den bereits fertiggestellten Hauptträgern oder durch besondere Unterstützung geschehen. Im ersten Fall befestigt man 2 Längsbohlen B Abb. 198 u. 199, mit Hilfe von Schraubenzwingen. Darüber werden Querträger Q in Abständen von etwa 1,0—1,5 m verlegt, die endlich die Schalung S aufnehmen. Die Schalbohlen werden von den Balken nach der Mitte zu verlegt, dort verbleibt ein Zwischenraum, der durch ein 2,0—2,5 cm starkes Brett mit nach unten abgeschrägten Kanten ausgefüllt wird. Um dieses Brett in die verlangte Höhe zu bringen, sind Holzkeile unterzuschieben, die beim Ausschalen zuerst entfernt werden. Die Teile $B_2 B_2$ und Q können auch durch besondere Stützen A gehalten werden, Abb. 200.

Auch für Plattenbalkendecken verwendet man zur Einschalung der Felder oft eiserne Querträger, die bezüglich ihrer Spannweite veränderlich sind. So zeigt Abb. 201 zwei Flacheisenstäbe, die sich in Ringen verschieben lassen und an beiden Enden mit beweglichen Haken versehen sind. Der Vorsprung der Ringe wird durch Unterlagen ausgeglichen, die mit Zinkblechklammern a befestigt werden. Beim Ausschalen entfernt man die Ringe durch Hammerschläge, worauf sich die Stäbe um die Achse der Haken drehen und mit den Brettern herabfallen.

Das Ausschalen der Deckenplatten kann 3—4 Tage nach dem Einstampfen vorgenommen werden, doch soll man sich vorher überzeugen, ob der Beton genügend erhärtet ist. Andernfalls bringt man nach dem Ausschalen noch eine Versteifung der Plattenmitte in der aus Abb. 202 ersichtlichen Weise an.

Auch die Haupt- und eventuelle Nebenbalken schalt man gewöhnlich nach 3 bis 6 Tagen aus, doch wird man hier die Mitte zweckmäßig noch 2—3 Wochen abstützen.

Die eben angegebene Art der Einschalung gestattet, daß die Decken und Balken stückweise hergestellt werden und daß das Material für die Schalung möglichst ausgenützt werden kann. Als Nachteil derselben ist es zu bezeichnen, daß in den Konstruktionsteilen wagrechte Abbindefugen entstehen, die bezüglich der Festigkeit gefährlich werden können. Besonders zwischen Platte und Balken wird die Fuge einer Übertragung der dort bedeutenden Schubspannungen schädlich entgegenwirken.

Nach diesen Überlegungen erscheint es zweckmäßig, die Schalung für jedes Deckenfeld und alle Träger vor Beginn der Betonierung vollständig fertig zu stellen. Tatsächlich wird diese Ausführungsweise gegenwärtig trotz der größeren Kosten vielfach vorgezogen. Direkt zur Bedingung muß diese Art der Einschalung bei den, meist beweglichen Belastungen unterworfenen, Brücken gemacht werden.

Auch für die verschiedenen Ausführungsarten des Tiefbaues gelten bezüglich der Einschalungen die bisher angegebenen Regeln. Nur in einzelnen Fällen werden Abweichungen hiervon notwendig sein. Z. B. kann die Lage des auszuführenden Bauwerkes derart sein, daß eine Unterstützung der Schalungen und Gerüste von unten nicht angängig ist (Betriebs- oder Verkehrsrücksichten). Hier erfordert die Herstellung der Schalungen oftmals besondere Gerüste, die in einzelnen Fällen ziemlich bedeutend werden können. So wurde z. B. für die Ausführung der Eisenbetonüberdeckung auf der Bahn-

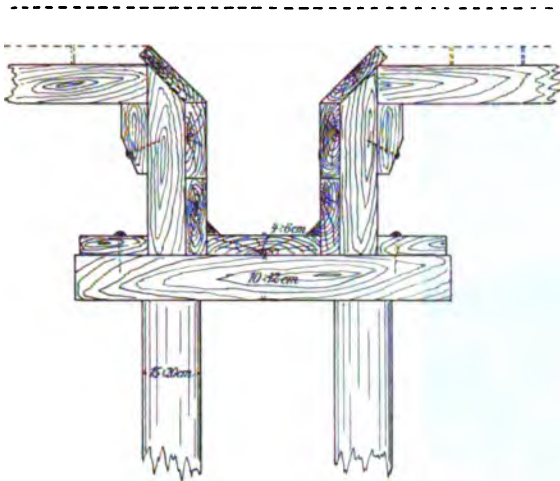


Abb. 197.

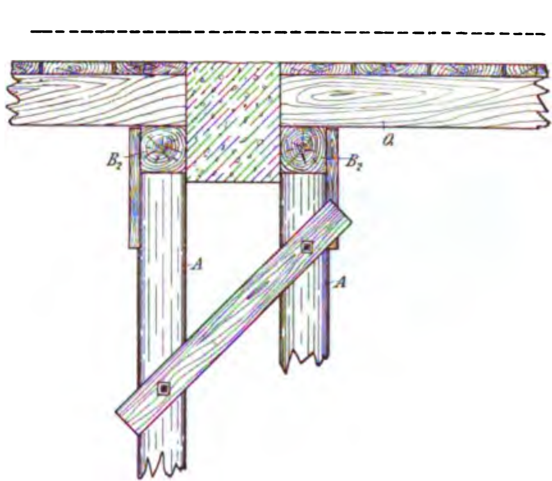


Abb. 200.

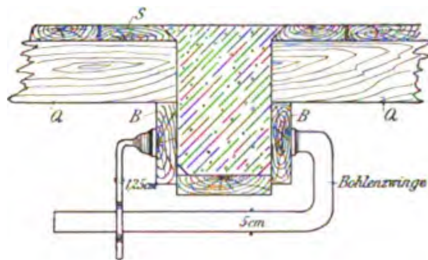


Abb. 198.

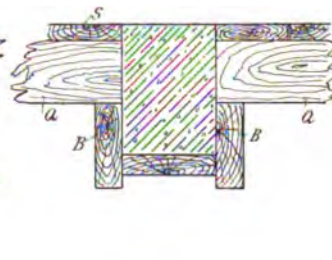


Abb. 199.

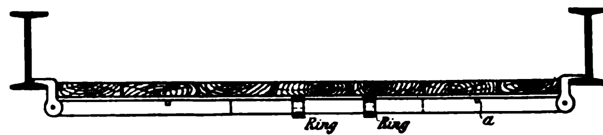
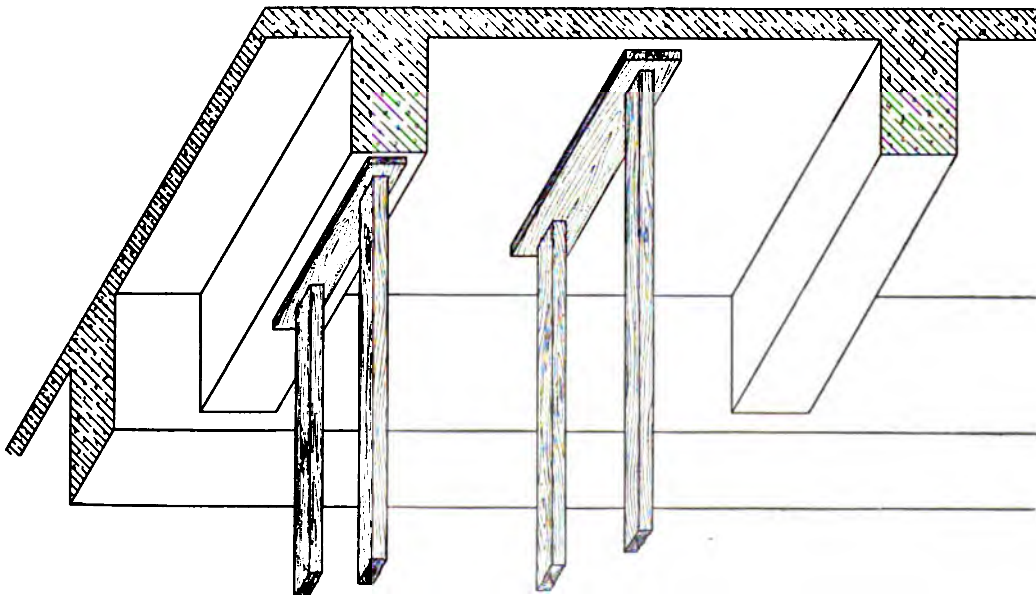


Abb. 201.


Abb. 202.

strecke Courcelles Passy die während des Betriebes hergestellt werden mußte, eine aus Abb. 203[1]) ersichtliche Anordnung benützt. Die Form für jeden Balken war an einem doppelten Hängewerkträger aus Holz aufgehängt. Der Boden bestand aus Eisenblech und wurde durch starke senkrechte Bolzen getragen, die durch den Beton der Zwischenplatte reichten und nachträglich entfernt werden mußten. Die durch Bohlen gebildeten Seitenwände wurden dem Gang des Einstampfens entsprechend aufgebracht und die Zwischenplatte dann auf einer Decke ausgeführt, die ebenfalls an den oben erwähnten Hängewerkbalken aufgehängt war.



Abb. 203. Einschalung für eine Straßenüberführung.

d) Pfeiler und Säulen.

Für Pfeiler wird die Form vielfach an drei Seiten von durchgehenden, senkrechten Bohlen gebildet, die vom Boden bis zum Auflager der Deckenträger reichen,

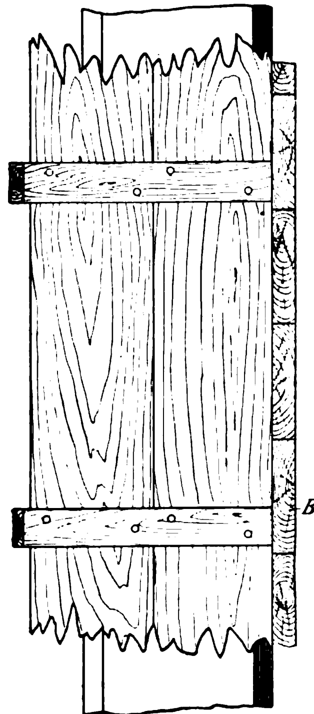


Abb. 204.

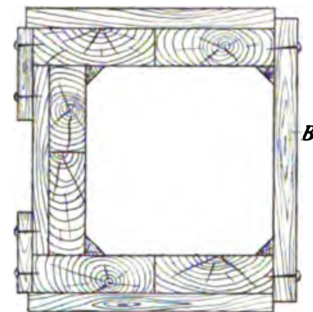


Abb. 205.

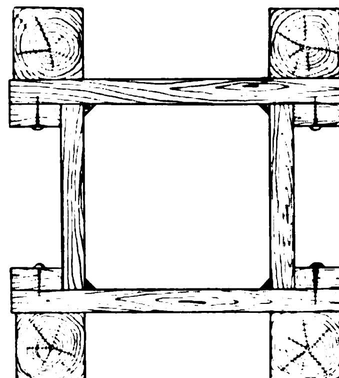


Abb. 206.

1) Christophe, Der Eisenbeton.

Abb. 204 und 205. Die einzelnen Bohlen werden durch aufgenagelte Latten miteinander verbunden. Kleine Dreikantleisten, die einer etwa gewünschten Abfasung des Pfeilers entsprechen, werden an die Seiten der Form angenagelt und dienen außerdem zur Erhöhung der Standfestigkeit der Schalung. Die letzte, 4. Seite wird beim Aufbau offen gelassen und entsprechend der Auffüllung des Pfeilers in Stücken von 40—60 cm mit Hilfe der Bretter B, die man auf die Bohlen nagelt, geschlossen. Besonders zu beachten ist beim Aufstellen der lotrechte Stand der Formen und die genaue Entfernung der Säulen untereinander.

Hat der Beton abgebunden, so kann die Schalung entfernt werden. Gewöhnlich genügen hierzu 24—48 Stunden. In anderer Weise kann die Einschalung erfolgen, indem man an den vier Ecken des zu errichtenden Pfeilers Ständer (Säulen von Holz) aufstellt und daran wagrechte Bohlenstücke nach Maßgabe der Auffüllung nagelt, Abb. 206. Hierbei hat man den Vorteil, daß das Stampfen von allen vier Seiten des Pfeilers erfolgen kann.

Ein Verfahren, wie es von Einzelnen angewandt wird, nämlich die Schalung an allen vier Seiten vorher fertig zu stellen und den Beton dann nur einzuschütten und das Dichten dabei der Schwerkraft desselben zu überlassen, ist nicht empfehlenswert, da hiermit niemals die Festigkeit wie durch Stampfen erreicht wird.

e) Mauern und Wände.

Die Ausführung derselben deckt sich im wesentlichen mit derjenigen für Pfeiler. Zuweilen wird auch hier die aus zwei Holzwänden gebildete Schalung ganz fertig gestellt und der Beton eingegossen (geschüttet). Man klopft hierbei gegen die vorher eingebrachten

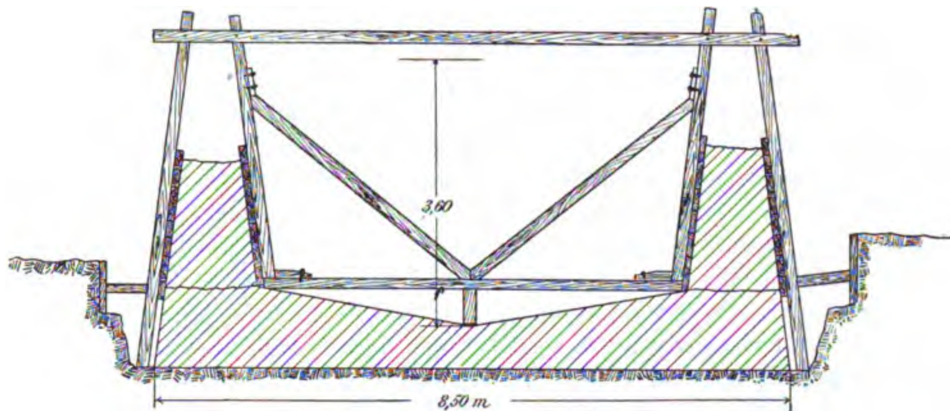


Abb. 207. Einschalung des Betonkanals der Versuchsanstalt in Dresden-Übigau.

Einlagen, um ein möglichst gutes Setzen zu erzielen. Dieses Verfahren ist jedoch ebensowenig empfehlenswert als das oben erwähnte.

Im übrigen wird bei allen Ausführungen mit senkrechten Schalungen der Beton wie bei den Decken in wagrechten Schichten, deren Stärke nach dem Stampfen zwischen 5 und 15 cm betragen soll, aufgebracht. Das Stampfen selbst geschieht mit den weiter unten angegebenen Werkzeugen. Die Eiseneinlagen werden meist im letzten Augenblick eingebracht und eventuell durch provisorische Stützen in ihrer Lage gehalten.

Vielfach errichtet man schwache Wände der Bauweisen Monier, Rabitz und andere, indem man nur eine Bohlenwand aufstellt und auf diese die Betonschicht wie einen Verputz aufbringt. Der sehr dick angemachte Mörtel wird kräftig gegen die

Schalung geworfen, während das Eisennetz gleichzeitig mittelst Zangen gerüttelt wird. Sobald eine Lage gewisse Festigkeit erlangt hat, bringt man mit dem Reibebrett eine zweite, dann eine dritte und nötigenfalls weitere Lagen auf. Jede Schicht besitzt eine Stärke von etwa 1 cm. Das Ausschalen kann hierbei nach 4—5 Tagen erfolgen.

Die Herstellung stärkerer Wände erfolgt allgemein, indem man eine Seite einschalt und die andere während des Einstampfens mit hochführt. Vielfach schalt man auch beide Seiten erst während der Betonierung ein, indem die einzelnen horizontalen Bohlen nacheinander an das vorher fertiggestellte Gerüst angebracht werden. Abb. 207.

f) Gewölbe.

Die Herstellung der Lehrgerüste für gewöhnliche Gewölbe (ohne Rippen) bietet nichts abweichendes von der allgemeinen Anordnung der Lehrgerüste überhaupt. Die Schalung ist zusammenhängend herzustellen, und man wählt zur Vermeidung des Anhaftens dieselben Schutzmaßregeln wie früher. An beiden Stirnseiten erhält die Schalung senkrechte Wände von der Höhe der Gewölbestärke. Soll die Ansicht der Stirnen irgendwelchen Steinschnitt oder besondere Ornamente erhalten, so bringt man die entsprechenden Vertiefungen als Leisten bezw. Profile an die Stirnschalungen an, damit das Nacharbeiten weniger Zeit beansprucht.

Die Einschalung der Rippengewölbe erfolgt in ähnlicher Weise wie diejenige für Plattenbalken. Man beginnt mit der Ausführung der Bögen, deren Form aus dem Boden und zwei der Wölbung entsprechend geschnittenen Wangen gebildet wird. Bei großer Bogenhöhe bringt man erst den Boden und eine Wange auf, während die anderen gleichzeitig mit dem Einbringen des Betons aufgestellt werden.

Bei allen bisher besprochenen Arten war vorausgesetzt, daß die Schalung für sich absolut standsicher ist. Hiervon abweichend gibt es, wie schon früher erwähnt, auch Anordnungen, wo die Einlagen eigene Tragfähigkeit besitzen, die groß genug ist um der Schalung als Stütze zu dienen. Diese Art bietet mit Bezug auf die Kosten ziemliche Vorteile. Sie ermöglicht es, den unteren Teil vollständig ohne Gerüst zu belassen. Trotzdem ist das Verfahren in den meisten Fällen als unzweckmäßig, vielfach sogar als gefährlich zu bezeichnen, denn die Belastung während der Ausführung hat immer eine gewisse Durchbiegung zur Folge. Hierdurch aber hat das Eisen während der Abbindezeit des Betons eine größere Beanspruchung auszuhalten. Diese Spannung wird das Eisen in den meisten Fällen auch nach dem Erhärten des Betons noch erleiden, es werden demzufolge in der Einlage bei Einwirkung von äußeren Kräften viel größere Beanspruchungen auftreten als wirklich berechnet wurden. Wenn trotzdem verschiedene Konstrukteure dieses Verfahren anwenden, ohne daß bisher besondere Nachteile der so ausgeführten Bauwerke nachweisbar sind, so liegt der Grund sicher zum Teil in der großen Vorsicht, die beim Einbringen des Betons ausgeübt wird und ferner in dem Umstand, daß die Einlagen nur in den seltensten Fällen vollständig ausgenützt werden.

41. Regeln für die praktische Ausführung.

a) Einlagen.

Besonders zweckmäßig erscheint es, wenn in gewöhnlichen Fällen zuerst die Schalung hergestellt und auf diese die ganze Einlage gebracht wird. Die Letztere muß hierbei durch Drahtschlingen verbunden sein und ist durch entsprechende Unterlagen in ihrer richtigen Lage zu halten. Nachdem eine nochmalige Prüfung der genauen Verteilung

stattgefunden hat, kann das Einbringen des Betons ohne Unterbrechung erfolgen. Als Nachteil dieser Ausführungsart ist es allerdings zu bezeichnen, daß das Stampfen bei ziemlich dicht lagernden Einlagen sehr behindert wird. Man ist deshalb in solchen Fällen manchmal auch gezwungen, zuerst eine Betonschicht einzubringen und in diese erst die Einlagen zu betten. Dabei ist jedoch besonders darauf zu achten, daß die einzelnen Stäbe während des Stampfens nicht verschoben werden.

b) Stampfen.

Das Stampfen selbst geschieht mit verschiedenen Werkzeugen. Das gebräuchlichste ist die sogen. Jungfer, eine gußeiserne quadratische Platte von 16 cm Seitenlänge mit einem genügend langen Stiel, Abb. 208. Für kleinere Formen wählt man die Seitenlänge entsprechend geringer. Das Anstampfen der dicht lagernden Einlagen geschieht

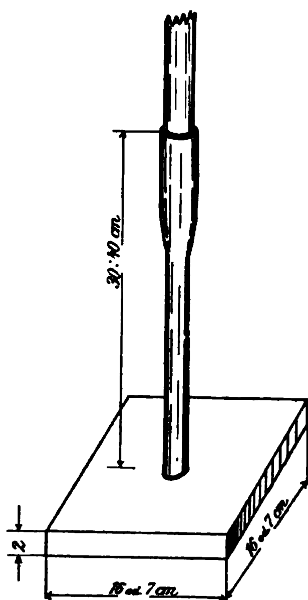


Abb. 208.

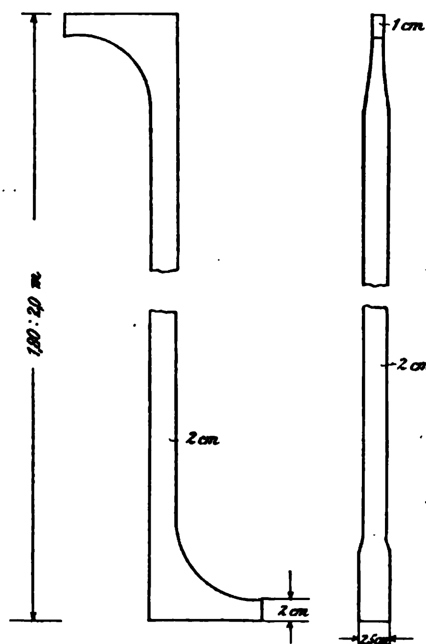


Abb. 209 und 210.

vielfach mit Hilfe eines sogen. Klauenfußes, Abb. 209 und 210[1]. Dieser wird durch einen etwa 2,0 m langen Eisenstab gebildet, der unten und oben mit 2,5 und 1 cm starken Köpfen versehen ist.

Bei einzelnen Ausführungen werden auch die beim gewöhnlichen Betonbau üblichen Stampfer verwandt. Diese verhältnismäßig schweren Werkzeuge eignen sich aber nur dort, wo der Beton nicht seitlich ausweichen kann. Für dünnere Deckenplatten und dergleichen benützt man oft auch sogen. Schlagbretter, Abb. 211. Hierbei wird vor allem die Erschütterung der Schalungen abgemindert und der Beton nur allmählich gedichtet.

Allgemein erhöht gutes Stampfen die Festigkeit des Betons ganz wesentlich. Es vermehrt ferner seine Dichtigkeit und beseitigt etwa überflüssiges Wasser. Gerade beim

---

[1]) Christophe, Der Eisenbeton.

Eisenbeton hat das Stampfen noch eine besondere Bedeutung, denn nur hierdurch wird der dichte Anschluß des Betons an die Einlagen und damit die erforderliche Haftfestigkeit

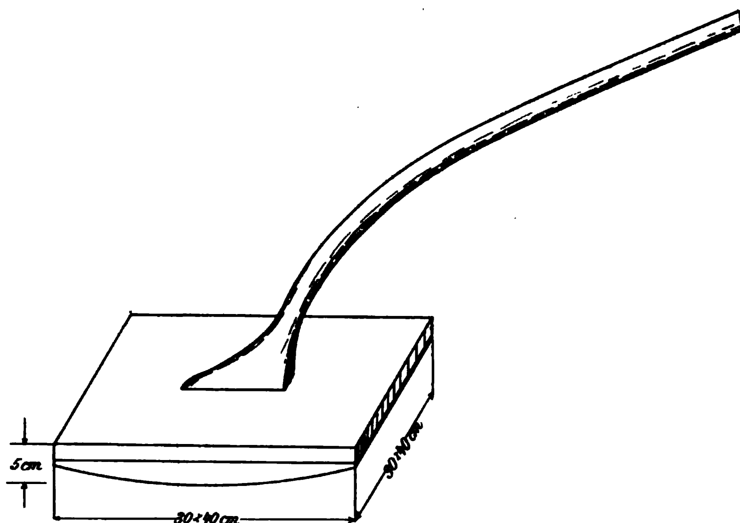


Abb. 211.

erreicht. Es empfiehlt sich deshalb ganz besondere Sorgfalt darauf zu verwenden und auch bei Vergebung von Arbeiten gutes Stampfen und das Einbringen des Betons in dünnen Schichten vorzuschreiben.

c) Behandlung bereits abgebundener Arbeitsflächen.

Besondere Sorgfalt erfordern auch die durch Unterbrechung der Arbeit entstehenden Fugen. Hier empfiehlt es sich, den bereits abgebundenen Beton mit reiner Zementmilch abzuschlämmen und den frischen Beton möglichst kräftig anzustampfen. Vielfach bringt man auch eine besondere etwa 1 cm starke Mörtelschicht (1 Teil Zement zu 1 Teil Sand) dazwischen und rauht die Flächen mit Spitzhämmern und dergl. auf. Da aber die betreffenden Fugen trotz dieser Vorsichtsmaßregeln schwache Stellen bleiben, wird man die Arbeitsunterbrechungen bei stark beanspruchten Bauteilen nach Möglichkeit beschränken. So empfiehlt es sich vor allem in den einzelnen Plattenfeldern jede Unterbrechung zu vermeiden.

d) Temperatureinflüsse.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Güte und Dauer der Eisenbetonbauten haben auch die Temperaturverhältnisse während der Ausführung. So beeinträchtigt z. B. Frost das Abbinden des Betons ganz wesentlich, obwohl er auf die endgültige Festigkeit weniger Einfluß hat. Besonders nachteilig ist zu große Hitze, da hierdurch dem Beton vielfach noch vor dem Abbinden das notwendige Wasser entzogen wird. Dadurch aber kann die Haltbarkeit des Betons außerordentlich vermindert werden. Mit Rücksicht darauf hat man nach Einbringung desselben und auch schon während dieser Zeit darauf zu achten, daß der Beton in den ersten Tagen nach der Fertigstellung genügend feucht bleibt. Ebenso ist in dieser Zeit Sonnenschein und Wind nach Möglichkeit fern zu halten, denn je sorgfältiger das Feuchthalten des Betons und später auch des Verputzes geschieht, desto größer ist unter sonst gleichen Verhältnissen seine Festigkeit.

Trotz dieser Vorsicht bei der Herstellung wird es mitunter vorkommen, daß die Ausführung nach einem gewissen Zeitraum Risse aufweist. Diese entstehen nicht allein durch die Einwirkung der Temperatur, sondern sie sind zum Teil durch das Verhalten des Betons (Schwinden) überhaupt bedingt. Ist es vorauszusehen, daß wegen zu großer Länge der einzelnen Bauteile sogen. Schwindrisse nicht zu vermeiden sind, so empfiehlt es sich diese Konstruktionen in gewissen Abständen von vornherein mit Trennungsfugen zu versehen. Die letzteren werden hergestellt, indem man den Beton an den Unterbrechungsfugen, die in solchen Fällen nach bestimmten Teilungen vorgesehen werden, nur trocken anstampft. Das Dichten dieser Risse, die nach einem gewissen Zeitraum entstehen, geschieht, indem man eine besondere Fuge ausspitzt und diese mit fettem Mörtel ausstampft und mit dem üblichen reinen Zementüberzug versieht.

42. Herstellung der Brückengewölbe.

Da gerade an Brückenbauten bezüglich der Festigkeit und Wetterbeständigkeit besondere Anforderungen gestellt werden, soll ihre Herstellung in folgendem noch besonders besprochen werden.

Brückengewölbe mit Einlagen nach Monierart werden hergestellt, indem man zuerst das Einlagennetz der inneren Laibung über das Lehrgerüst spannt, Abb. 212 [1]). Hierzu verzeichnet man meist auf der Unterlage eine besondere Teilung für alle Stäbe, bringt die Tragstäbe, die wenn notwendig vorher gebogen sind, an und dann die Ver-

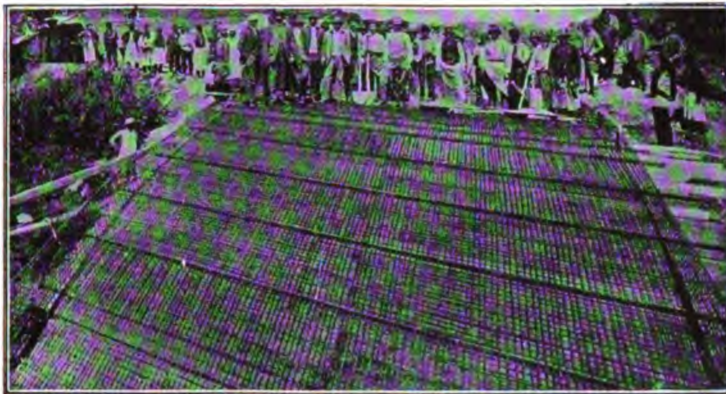


Abb. 212. Anordnung der Einlagen vor dem Einbringen des Betons.

teilungsstäbe. Diese werden durch Drahtschlingen mit den ersten verbunden. Soweit angängig, verwendet man möglichst lange Stäbe und bringt eventuelle Stöße dorthin, wo keine Zugspannungen auftreten. Die Verbindung kann hier durch Übereinanderschieben (etwa um das 20fache des Durchmessers) und Verbinden durch Drahtschlingen erfolgen. Stöße benachbarter Tragstäbe sind dabei gegeneinander zu verschieben. Ist das Netz vollständig fertig, so hebt man es um die Umhüllungsstärke an, indem man kleine flache Steinstückchen unterlegt. Hierauf wird der Beton eingebracht und zwar zuerst um und unter das Einlagenetz. Dabei ist auf besonders gutes Anstampfen zu achten. Der übrige Beton wird in Lagen von 10—15 cm geschüttet und mit den vorn besprochenen Stampfern gut abgerammt.

1) Christophe, Der Eisenbeton.

Die Arbeit wird, um eine Formänderung des Lehrgerüstes während des Abbindens unschädlich zu machen, an verschiedenen Stellen des Gewölbes zugleich in Angriff genommen und gleichmäßig weitergeführt. Hierzu verwendet man die sogen. künstlichen Widerlager, Abb. 213. Hat sich das Gewölbe gesetzt, so schließt man es an den verschiedenen Stellen möglichst gleichzeitig. Bei kleineren Spannweiten genügt es natürlich, wenn man an beiden Kämpfern beginnt und im Scheitel schließt. Ist das Gewölbe soweit fertiggestellt, so bringt man das Netz für den Gewölberücken meist in einem Stück auf und vollendet die Betonierung. Dieses äußere Netz ist demnach außerhalb des Lehrgerüstes auf einem besonderen Boden anzufertigen. Die Oberfläche des Gewölberückens wird entweder mit der Kelle geglättet oder mit hölzernen Reibebrettern glatt gestrichen. Zweckmäßig ist es auch denselben mit einem besonderen Verputz zu überziehen. Auf diesen werden für die erste Zeit feuchte Tücher oder besser eine 10—15 cm starke Sandschicht gebracht, die oft anzunässen ist, damit der Beton feucht bleibt und gegen Sonnenstrahlen geschützt ist.



Abb. 213. Künstliches Widerlager.

Ist das Gewölbe überhöht (für Kanalisation), so ändert sich die eben angegebene Herstellungsweise, indem man hier den Beton an den Kämpfern in Schichten aufbringt, die zwischen den Lehrbögen und der Schalung des Gewölberückens eingestampft werden. Die Schalung errichtet man hierbei allmählich.

Vielfach ist es üblich, daß die Gewölbebetonierung ohne Unterbrechung, also Tag und Nacht geschieht, um die unangenehmen Folgen der Arbeitsunterbrechung zu vermeiden. Wenn alle Vorbereitungen gut getroffen sind, läßt sich auch ein Gewölbe von bedeutender Spannweite bei ununterbrochenem Betriebe in 2 bis 5 Tagen ausführen.

Melangewölbe lassen sich wegen der meist einfachen Form der Einlage verhältnismäßig leicht herstellen und einstampfen. Hier ist es üblich den Beton in der vollen Mörtelstärke (d. h. in entsprechenden Schichten) einzubringen, doch nur auf eine gewisse Breite des Bogens. Begründen läßt sich diese Ausführungsart durch den Umstand, daß die Hauptspannungen als mit der Gewölbeachse nahezu gleichlaufend angenommen werden können. Bei der Herstellung setzt man meist besondere Hilfsschalungen auf das Gerüst, die nach dem Erstarren fortgenommen werden. Das Anbinden geschieht wie oben angegeben. Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung eines Abschnittes von den Kämpfern bis zum Scheitel immer ohne Unterbrechung. Besonders zu beachten ist dabei, daß die hier meist aus Profileisen hergestellten Einlagen gut umstampft werden.

Das Ausrüsten der Gewölbe geschieht nach der Ansicht einzelner am besten erst dann, wenn der Beton vollständig abgebunden hat. Andere hingegen rüsten so schnell als möglich aus und haben dabei den Vorteil, daß sie das Rüstmaterial weiter verwenden können. Das erste Verfahren hat den Vorteil, daß die Senkung des Gewölbes vermindert wird. Dies ist gerade dort wünschenswert, wo bei Errichtung des Lehrgerüstes keine Rücksicht auf das Setzen genommen ist. Ein zu frühes Ausrüsten kann dagegen eine übermäßige Beanspruchung der Einlagen zur Folge haben, da der Beton noch nicht genügend tragfähig ist. Im allgemeinen wird sich somit empfehlen das Ausrüsten nicht zu früh vorzunehmen, denn die Behauptung einzelner, daß das Gerüst nicht dieselben Formänderungen erleidet wie das Gewölbe selbst, läßt sich insofern wesentlich

abschwächen, als man durch Anfeuchten des letzteren das Zusammenziehen der Masse bedeutend vermindern kann. Bei richtiger Überwachung kommt es sogar vor, daß sich das geschützt stehende Lehrgerüst zusammenzieht und diese Wirkung allein ausreicht um die Ausrüstung herbeizuführen. Bei mittleren Temperaturverhältnissen sind 4 bis 6 Wochen als genügend zu bezeichnen.

43. Der Putz.

Auf die Tragfähigkeit der Konstruktionsteile hat es zwar keinen Einfluß, ob die Außenflächen einen Verputz erhalten oder nicht, doch wird man vielfach aus Schönheitsrücksichten dazu kommen einen solchen anzubringen. Die Oberfläche ist nämlich niemals ganz glatt, sondern zeigt meist die Eindrücke der Schalbretter, des Papieres oder der Leinwand, womit diese überzogen waren. Deshalb ist es in der Regel Gebrauch, daß die sichtbaren Deckenflächen, Ansichtsflächen der Wände, Laibungsflächen von Gewölben usw. mit Putz überzogen werden, dessen Stärke von der größeren oder geringeren Rauheit der Betonfläche abhängt. Das Aufbringen dieses Putzes muß sehr sorgfältig geschehen, wenn ein gleichmäßiges Aussehen der Flächen erreicht werden soll. Zweckmäßig ist es den Putz möglichst bald, d. h. nach Entfernung der Schalungen, aufzubringen; außerdem soll der zur Verwendung kommende Mörtel fetter sein als der im Betonkörper, wenn es erwünscht ist eine möglichst gleichförmige Fläche zu erzielen. Anderseits darf der Zementgehalt auch nicht zu groß sein, da sehr fetter Mörtel (vergleiche vorn) auch die größten Formänderungen erleidet. Als gute Mischungsverhältnisse sind

1 Teil Zement mit 2 Teilen Sand,
1 „ „ „ 3 „ „
oder 2 „ „ „ 3 „ „

zu empfehlen. Der Sand hierzu darf nicht zu grob sein, soll aber ebensowenig große Mengen feines Korn enthalten. Als Zement verwendet man vielfach Schnellbinder oder wenigstens einen Teil davon.

Vor Beginn des Verputzes sind die Flächen von Staub und Schmutz sorgfältig zu reinigen, abzuwaschen und gut anzunetzen. Beim Aufbringen ist der Putz stark anzuwerfen und mit dem Reibebrett zu glätten (Kelle ist nicht zu empfehlen). Nach Fertigstellung ist er, wie schon vorn erwähnt, gut gegen Sonne und Wind zu schützen und feucht zu halten. Die Stärke des Putzes ist nach Möglichkeit einzuschränken und kann durchschnittlich 5 mm betragen. Einzelne Fachleute sind der Ansicht, daß der stärkere Putz den Konstruktionen selbst eine größere Standsicherheit verleiht; dem ist jedoch nicht so, denn ein nach dem Abbinden des Betons aufgebrachter Putz kann wohl niemals als ein mit dem Beton einheitlich wirkender Körper gelten.

Anstriche.

Soll der Putz aus irgendeinem Grund noch mit Ölfarbe oder sonst einem Anstrich versehen werden, so muß er zuvor vollständig erhärten und austrocknen. Um die Ölfarbe selbst gut haftbar zu machen, überstreicht man die Flächen vielfach 2 mal mit stark verdünnter Schwefelsäure (1 Teil konzentrierte Schwefelsäure auf 100 Teile Wasser), spült sodann mit reinem Wasser nach und bringt den Anstrich erst nach dem vollständigen Abtrocknen auf.

In anderen Fällen streicht man die Flächen 2 bis 3 mal mit verdünntem Wasserglas, wäscht mit Wasser nach und bringt nach dem Trocknen den Anstrich auf.

Mit besonderer Vorliebe verwendet man gegenwärtig auch den Anstrich mit Keßlerschen Fluaten. Diese verhindern vor allem etwaige Salzausblühungen an den Schauflächen und geben dem gewöhnlichen Putz eine größere Dichtigkeit. Die Fluate sind im Wasser lösliche, Kieselfluorwasserstoffe enthaltende Salze und werden wie folgt aufgetragen.

Nachdem die Flächen gut ausgetrocknet sind, reibt man dieselben mit einer scharfen Bürste tüchtig ab und trägt den ersten Anstrich, der durch Lösung von etwa 1 kg Magnesiafluatkristallen in 10 l Wasser hergestellt wird, mit dem gewöhnlichen Anstreicherpinsel auf. Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß an keiner Stelle Flecken oder Ränder entstehen. Der zweite Anstrich erfolgt nach etwa 24 Stunden, er besteht aus einer Lösung von 1 kg Magnesiafluaten mit 6 l Wasser. Nach demselben Zeitraume wird dann noch ein dritter Anstrich, für den eine Lösung 1—4 verwendet wird, aufgebracht. Der Anstrich soll innerhalb einer Minute eintrocknen und ist, wenn dies an einzelnen Stellen nicht geschieht, mit einem Schwamm oder Lappen abzutupfen. Soll auf den Anstrich mit Fluaten noch ein Ölfarbenanstrich kommen, so empfiehlt es sich anstatt der Magnesiafluate die Blaufluate zu verwenden, die in denselben Lösungen aufgetragen werden. Nach dem Eintrocknen werden die fluatierten Flächen so lange mit klarem Wasser abgewaschen, bis das abfließende Waschwasser den sauren Geschmack verloren hat.

Außer diesen Anstrichen verwendet man vielfach auch Siderosthen-Lubrose und bei wasserdichten Behältern Leinöl oder heißen Asphaltlack. Über die Zweckmäßigkeit dieser verschiedenen Anstriche gehen die Meinungen der Praktiker ziemlich weit auseinander. Jedenfalls hat die Erfahrung gezeigt, daß zur Herstellung wasserdichter Bauten ein besonderer Anstrich nicht erforderlich ist, wenn Zementputz 1 : 1 bis 1 : 3 mit einer reinen Zementhaut überzogen und gut geglättet wird.


89080448244

b89080448244a

LEITFADEN D. EISENBETONBAUES

DEMCO